26 M

Der Einfluß der Provenienz auf die Tränkfähigkeit des Kiefernholzes mit öligen Flüssigkeiten

von

HERBERT FRIEDRICHS

1964

DER EINFLUSS DER PROVENIENZ AUF DIE TRÄNKFÄHIGKEIT DES KIEFERNHOLZES MIT ÖLIGEN FLÜSSIGKEITEN

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Hamburg

vorgelegt von
Herbert Friedrichs
aus Westeraccumersiel / Ostfriesland

Hamburg 1961

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Genehmigt von der Mathematisch - Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Hamburg
auf Antrag von Professor Dr. W. Bavendamm

Hamburg, den 18.2.1961

Professor Dr. E. Ötremba
Dekan

Thema Der Einfluss der Provenienz auf die Tränkfähigkeit des Kiefernholzes mit öligen Flüssigkeiten

Gliederung

1. Einleitung und Aufgabenstellung S. 1-3

2. Die Tränkfähigkeit deutschen und nordischen Kiefernholzes

2.1. Vorliegende Ergebnisse

2.1.1. Die Tränkwege im Kiefernholz S. 4-5
2.1.2. Die Tränkbarkeit von Frühholz u.Spätholz S. 6-7
2.1.3. Einfluss der Jahrringbreite, der Splintbreite und der Kernnähe des Splints S. 7-8

2.1.4. Vorliegende Ergebnisse über die Tränkfähigkeit deutschen und nordischen Kiefernholzes . . . . . S. 9-14

2.2. Eigene Versuche

2.2.0. Versuchsplanung S.14
2.2.1. Die Herkunft des Versuchsmaterials

2.2.1.1. Standorte und Bestände S.14-18
2.2.1.2. Das Klima der Wuchsgebiete S.18-20

2.2.2. Angewandte Methode der systematischen Probenauswahl S.20-21
2.2.3. Imprägnierversuche

2.2.3.1. Versuchsbedingungen und Versuchsanordnung S.22-24
2.2.3.2. Durchführung und Ergebnisse der Vorversuche zur Ermittlung des geeigneten Tränkverfahrens S.24-27
2.2.3.3. Prüfung der Provenienzen auf signifikante Unterschiede in der Tränkfähigkeit S.27-30

2.2.4. Untersuchung der Jahrringbreite, des Spätholzanteils und der Splintbreite

2.2.4.1. Versuchsdurchführung S.30
2.2.4.2. Messergebnisse und Auswertung S.31-35

2.2.5. Untersuchung des Markstrahlanteils

2.2.5.1. Versuchsdurchführung S. 35-36
2.2.5.2. Messergebnisse S. 36-38

2.2.6. Druckfestigkeitsuntersuchungen

2.2.6.1. Versuchsdurchführung S. 38
2.2.6.2. Messergebnisse S. 38-40

2.3. Diskussion aller Ergebnisse S. 41-45

2.4. Untersuchung der Frage, ob das Probenmaterial für die nordischen und deutschen Provenienzen repräsentativ war S. 45-51

2.5. Zusammenfassung S. 52-53

3. Anhang
Mathematisch-statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse S. 54-81

4. Schrifttum S. 82-101

Der Einfluss der Provenienz auf die Tränkfähigkeit des Kiefernholzes mit öligen Flüssigkeiten.

1. Einleitung und Aufgabenstellung

In der Abteilung Holzpathologie und Holzschutz des Instituts für Biologie des Holzes der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbek, wurden seit 1954 eine Reihe von Untersuchungen über die Schutzmittelaufnahme und Eindringtiefe von Bauholz bei Anwendung handwerklicher Verfahren durchgeführt:

Bavendamm, W. u. W. Ehlers 1954 (9),
Bavendamm, W. u. H. Anczykowski 1956 (10),
Bavendamm, W. u. W. Sczesny 1957 (11),
Bavendamm, W. u. H. Willeitner 1957 (12),
Bavendamm, W. u. U. Siuts 1958 (13),
Bavendamm, W. u. W. Schneider 1959 (14) .

Während bei diesen Arbeiten durchweg das Probenmaterial aus deutscher Kiefer und Fichte bestand, benutzte Sczesny in seiner 1955 fertiggestellten Diplomarbeit in Ermangelung deutschen Kiefernholzes solches aus Schweden mit feinem Jahrringbau und hohem Splintanteil. Dabei stellte sich heraus, dass das nordische Holz bei der von ihm untersuchten Heiß-Kalt-Trogtränkung eine auffallend geringe Tränkfähigkeit und Eindringtiefe der verwendeten Schutzmittel (Teeröl, Chlornaphthalin, FN-, U- und SF-Salze) aufwies. Die nordische Kiefer liess sich sogar schlechter als Fichte imprägnieren. Sczesny führte diesen Widerspruch zu den früheren Untersuchungsergebnissen auf die Engringigkeit des nordischen Holzes zurück, aber eine folgende Diplomarbeit von Knepple (1956 (100)) vermochte keinen Einfluss der Jahrringbreite auf die Tränkfähigkeit nachzuweisen. Auch Untersuchungen von B. Schulze und Theden (1950 (196)) brachten keine Klärung dieser Frage. Bellmann (17) hatte 1953 die wenigen vorliegenden Arbeiten zur Imprägnierbarkeit eng- und weitringigen Nadelholzes ausgewertet und den Schluss gezogen, dass engringiges Kiefernholz besser zu imprägnieren sein müsste. In einer Tabelle über die Faktoren, die für die Tränkfähigkeit des Holzes entscheidend sind, schrieben Theden

und Gersonde (212) 1955, dass ein Einfluss der Wuchseigenschaften des Holzes merklich vorhanden aber in der Wirkung nicht genau untersucht ist.

Der vorliegenden Arbeit wurde deshalb im Rahmen der eingangs aufgeführten Versuchsreihe des Reinbeker Instituts die Aufgabe gestellt, durch Untersuchung nordischer und deutscher Kiefern die Frage zu klären, ob die Provenienz einen Einfluss auf die imprägniertechnischen Eigenschaften ausübt, und durch welche holzanatomischen Unterschiede diese Eigenschaften begründet sind. Das Versuchsmaterial wurde im Winter 1956/1957 beschafft und bis Frühjahr 1959 untersucht und ausgewertet. Als Versuchsverfahren wurde die Kesseldrucktränkung mit Steinkohlenteeröl gewählt, da die Frage der unterschiedlichen Tränkfähigkeit nordischen und deutschen Kiefernholzes besonders für die Mastenimprägnierung mit diesem großtechnischen Verfahren Bedeutung hat, während nordisches Holz für die Bauholzimprägnierung in handwerklichen Verfahren weniger in Frage kommt.

Eine Erhebung des West-Europäischen Instituts für Holzimprägnierung (235) gibt 1955 den Bestand an Holzmasten in der Bundesrepublik Deutschland mit rd. 5,4 Millionen (rd. 2,8 Mill. aus Kiefer und rd. 2,6 Mill. aus Fichte) an, worin die Zahl der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk AG, eines der grössten Mastenverbraucher, nicht enthalten ist. Nach Auskunft der RWE beträgt deren Mastenbestand etwa rd. 1,2 Mill., vorwiegend Kiefer, sodass der Gesamtbestand in der Bundesrepublik ungefähr bei 6,5 - 7 Mill. Holzmasten liegen dürfte, der sich etwa zu 60% auf Kiefer und 40% auf Fichte verteilt. Die Kiefernmasten sind durchweg mit Steinkohlenteeröl imprägniert. Die Elektrizitätsversorgungs-Unternehmen haben aus imprägniertechnischen Gründen die Kiefer bevorzugt und sind in den letzten 6 Jahren stärker zur Verwendung n o r d i s c h e r Kiefernmasten übergegangen, da ihr Bedarf aus dem westdeutschen Kiefernaufkommen nicht völlig gedeckt werden konnte. Während die guten Eigenschaften des nordischen Holzes in bezug auf Schaftform, Festigkeit und Ästigkeit bekannt waren, bestand über die tränktechnischen Eigenschaften Unklarheit. Teerölgetränkte Masten wurden durch Entnahme von Bohrproben nachgeprüft, und es zeigte sich, dass ein hoher Anteil der nordischen Masten

im kernnahen Splint nicht durchtränkt war. Damit wurde die Untersuchung der Tränkfähigkeit nordischer Kiefernmasten sehr aktuell, sodass während der Durchführung der vorliegenden Arbeit verschiedene Veröffentlichungen zu dieser Frage erfolgten, Bellmann 1956 (19) und (20), G. Schulz (192), Buro und E. - A. Buro 1959 (29), Demann 1959 (37), Kollmann und Mitarbeiter (107), Klietsch 1960 (98), auf die später im einzelnen eingegangen wird.

Vor Darlegung meiner Untersuchungsergebnisse möchte ich Herrn Prof. Dr. H. Mayer - Wegelin, dem Inhaber des Lehrstuhls für Holzwirtschaft an der Universität Hamburg, und Herrn Prof. Dr. W. Bavendamm, dem Leiter der Abteilung Holzpathologie und Holzschutz des Institutes für Biologie des Holzes der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbek, herzlich für ihre wertvolle Unterstützung bei der Planung und Durchführung der Untersuchungen danken. Den Herren Dr.H.Broese van Groenou und Dr. H. Bellmann, Mannheim, habe ich sehr zu danken für spezielle Anregungen zu dieser Arbeit und den Nachbau der in der oben genannten Abteilung vorhandenen noch von Bellmann für seine Dissertation entwickelten Versuchstränkanlage. Mein besonderer Dank gilt weiter Herrn Dr. E. Rennerfelt Statens Skogsforskningsanstalt, Stockholm, für die freundliche Hilfe bei der Auswahl und Beschaffung des Probenmaterials in Schweden und den Landesforstverwaltungen in Schleswig-Holstein und Hessen, sowie der Gräfl. Bernstorffschen Forstverwaltung Lüchow für die Bereitstellung der deutschen Proben. Nicht zuletzt danke ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft e.V., Bad Godesberg, für die finanzielle Unterstützung, sowie der Rütgerswerke AG., Frankfurt, und der Chem. Fabrik Weyl AG., Mannheim, für die Überlassung der nachgebauten Versuchstränkanlage.

2. Die Tränkfähigkeit deutschen und nordischen Kiefernholzes

2.1. Vorliegende Ergebnisse

2.1.1. Die Tränkwege im Kiefernholz

Der anatomische Aufbau des Holzes, das Vorhandensein wegsamer Tränkmittelbahnen, ist für die Aufnahmefähigkeit des Holzes für die Schutzmittel von grundlegender Bedeutung. Vor allem hängt nach Bellmann (1953 (17)) die Tränkfähigkeit von der Wegsamkeit der Zellen (Faser- und Markstrahltracheiden, Markstrahlparenchymzellen), Harzkanäle und Micellarinterstizien ab. Er hat 1953 (17) die Mengenanteile und Grössen der einzelnen Gewebeanteile der Kiefer nach Münch (1919 (144)), Hawley (1931 (77)), Trendelenburg (1939 (217)), Schmidt (1941 (181)), Kollmann (1951 (106)) und seinen eigenen Untersuchungen zusammengestellt, worauf hier verwiesen wird. Allgemein besteht das Kiefernholz zu 91 - 95% Tracheiden und zu 5 - 8% aus Markstrahlen. 0,5 - 1,0% fallen auf Harzgänge und ca 1,4% auf das Markstrahlparenchym. Unterschiede in der Tränkfähigkeit sind aber bisher nicht durch den Nachweis verschiedener holzanatomischer Zusammensetzung erklärt worden, weil der Einfluss dieser Mengen- bezw. Raumanteile der Zellenkapillaren übertroffen wird von Unterschieden in der Durchlässigkeit der Tüpfel. Im Markstrahlparenchym finden sich unbehöfte Tüpfel, die dem Durchfluss von Imprägnierungsmitteln keinen Widerstand entgegensetzen, und einseitig behöfte Fenstertüpfel, die ebenfalls bei ausgetrocknetem Holz gut wegsam sind.
Die Tracheiden, welche den grössten Anteil am Kiefernholz haben, werden durch Hoftüpfel verbunden, deren ventilartiger Aufbau (Torus, Porus, Schließhaut) durch zahlreiche elektronenmikroskopische Untersuchungen geklärt worden ist, vor allem von Frey - Wyssling und W. Liese. Für das Eindringen der Tränkflüssigkeit im Holz ist entscheidend, dass die Hoftüpfel im geöffneten Zustand ohne weiteres durchlässig sind, dass sie sich aber mit fortschreitender Austrocknung des Holzes verschliessen (Trendelenburg 1939 (217)). Beim festen Verschluss der Hoftüpfel spielen nach Sandermann und Jonas (1952 (179)) verklebende Stoffe wie Hemizellulosen, Pektine, Glucuronsäuren eine Rolle. Bei der Kiefer wirken im Gegensatz zur Fichte Warzen auf den Innenflächen der Tüpfelwulste dem festen Tüpfelverschluss entgegen. Auch ist die Zahl der Tüpfel und der

Anteil geschlossener Tüpfel in Früh- und Spätholz verschieden. Phillips 1933 (163) stellte für Pinus sylvestris L. im Mittel 70 Tüpfel je Frühholztracheiden und 17 Tüpfel je Spätholztracheide fest (Trendelenburg 200 - 300 bezw. 10 - 50 Tüpfel je Tracheide).

Interessant war das Ergebnis von Phillips 1933 (163), dass der Anteil offener Tüpfel je Tracheide bei lufttrockenem Kiefernholz im Spätholz grösser ist als im Frühholz (s.a.Bellmann 1953 (17)). Im Frühholz steigt der Anteil bis zur Spätholzgrenze von etwa 3% auf ca 14% an, um dann im Spätholz rasch bis auf rd. 60% offene Tüpfel zuzunehmen. Bei Berücksichtigung dieser höheren Prozentsätze geöffneter Tüpfel dürfte die absolute Zahl offener Tüpfel im trockenen Kiefernholz für Spätholz und Frühholz grössenordnungsmässig keinen so wesentlichen Unterschied aufweisen. Zudem sind die Frühholztüpfel grösser als die Spätholztüpfel; nach Stamm 1946 (208) ca 10 μ im Frühholz und ca 2 μ im Spätholz, wobei als Maß der Mittelwert zwischen Porusdurchmesser und Tüpfelmembran ermittelt wurde. Die Frühholz- und Spätholztüpfel unterscheiden sich nach Bailey(1916 (6)) auch dadurch, dass erstere einen runden und letztere einen mehr spaltförmigen Porus haben. Neben den Tüpfeln kommen Harzkanäle und Markstrahlen als Tränkwege in Frage. Die Zahl der Harzkanäle je Flächeneinheit ist bei der Kiefer im Spätholz erheblich grösser als im Frühholz, es spielt aber eine grosse Rolle, ob die Harzkanäle und Markstrahlen wegsam oder durch Stoffwechselprodukte, Vorratsstoffe und Harz versperrt sind. So haben Koljo 1951 (104) und Bellmann 1953 (17) festgestellt, dass die Markstrahlen der Kiefer keinen nachweisbaren Einfluss auf die Teerölimprägnierung ausüben, da die mehrreihigen Markstrahlen durch Inhaltsstoffe versperrt und nicht vom Teeröl durchdrungen wurden. Ebenso fand Bellmann 1953 (17), dass die vertikalen Harzgänge nicht an der Tränkung beteiligt sind, während A. Buro und E, - A. Buro 1959 (29) für deutsches Kiefernholz einen Anteil der Harzkanäle am axialen Durchfluss (Pressluft) von ca 60%, für schwedische Kiefer von ca 45% errechneten. Ihre Extraktionsversuche zeigten, dass es vor allem auf den Zustand des Harzes in den Harzkanälen und weniger auf die Zahl der Harzkanäle ankommt.

2.1.2. Die Tränkbarkeit von Frühholz und Spätholz

Die vorliegenden Ergebnisse zu der Frage, ob bei der Kiefer Frühholz oder Spätholz besser zu imprägnieren ist, hat Bellmann 1953 (17) zusammengestellt. Die sich zum Teil widersprechenden Befunde deuten darauf hin, dass neben verschiedenen Versuchsbedingungen auch Unterschiede des inhomogenen Versuchsmaterials oder sogar verschiedener Provenienzen eine Rolle spielen: Einerseits haben Phillips 1933 (163), Weiss 1912 (234), Bailey 1913 (4), 1915 (5), Mac Lean 1928(130), 1930 (131), 1935 (132), Teesdale 1914 (21o), 1918 (211), Griffin 1919 (67), 1924 (68), Scarth 1928 (180), Schulze und Theden 1950 (196), Broese van Groenou 1940 (22), W.Liese 1951 (118) und Bellmann 1953 (17) gefunden, dass Spätholz besser zu tränken sei; andererseits ist vor allem an amerikanischen Nadelhölzern wiederholt eine bessere Tränkbarkeit des Frühholzes gefunden worden, so an Pinus palustris, Pinus taeda, Sequoia sempervirens, Taxus brevifolia, Larix laricina. Ergebnisse von Peter 1953 (160) deuteten auf eine geringere Sublimat-Eindringung in das Spätholz unserer Kiefer hin.

Diese Ergebnisse stehen aber im Widerspruch zu den oben angeführten Untersuchungen, die eine bessere Tränkbarkeit des Spätholzes der deutschen Kiefer gefunden haben, und die auch von Bellmann 1953 (17) bestätigt wurden. Keinen Zusammenhang zwischen Spätholzanteil und Eindringtiefe konnten 1950 Schulze und Theden (196) finden; es scheint aber besonders nach den Untersuchungen von W. Liese aus dem Jahr 1951 (119) festzustehen, dass Teeröl im Spätholz schneller vorzudringen vermag als im Frühholz. Diesen Befund stellte, wie gesagt, auch Bellmann 1953 (17) fest, und bei eigenen Untersuchungen an Fichtenholz (Friedrichs 1954 (63)) war die partielle Eindringung des Teeröls in den Spätholzzonen ebenfalls deutlich erkennbar. Es sei aber darauf hingewiesen, dass A. und E. - A. Buro 1959 (29) bei Versuchen mit Pressluft keine Unterschiede in der Durchlässigkeit von Frühholz und Spätholz nachweisen konnten.

Unter Berücksichtigung aller vorliegenden Ergebnisse muss der Schluss gezogen werden, dass die Frage, ob Frühholz oder Spätholz der Kiefer besser zu imprägnieren ist, noch keine eindeutige Beantwortung gefunden hat, wenn auch zahlreiche

Beobachtungen und Schlussfolgerungen darauf hinweisen, dass beim trockenen Kiefernholz das Spätholz eine bessere Tränkfähigkeit besitzt.

2.1.3. Einfluss der Jahrringbreite, der Splintbreite und der Kernnähe des Splints

Auch die Frage nach dem Einfluss der Jahrringbreite auf die Tränkfähigkeit wurde bisher nicht eindeutig beantwortet. Bellmann (17) stellte 1953 die z.T. einander widersprechenden Ergebnisse zusammen und zog den Schluss, dass bei sorgsamer Auswahl der Proben eine bessere Tränkbarkeit engringigen Holzes nachweisbar sei, dass diese Tendenz aber leicht von anderen Einflüssen überlagert wird. A. und E. - A. Buro (29) fanden 1959, dass der Einfluss der Jahrringbreite auf die Durchlässigkeit bei weitem durch den Einfluss der Splintbreite und die Lage der Probe im Splint überlagert wird. Bei ihren Versuchshölzern nahm nämlich die Jahrringbreite mit der Splintbreite zu und andererseits wurde die Durchlässigkeit vom Aussensplint zum Kern vor allem im Frühholz schnell geringer. Diese Autoren erklärten mit der Abnahme der Splintbreite mit wachsender Stammhöhe (Trendelenburg 1939 (217)) auch die Abnahme der Durchlässigkeit in gleicher Richtung.

In engem Zusammenhang mit der Verminderung der Imprägnierfähigkeit des Splintes von aussen nach innen steht wohl auch die oft ungenügende Imprägnierung der innersten Splintzone, die in der Praxis in den letzten Jahren besonders an nordischem Holz immer wieder gefunden und die von Broese van Groenou und H. Bellmann (23) 1954 bestätigt wurde. Nach ihrer Deutung handelt es sich hier um eine 4 - 6 mm, auch 8 - 10 mm breite, mit Teeröl schwer zu imprägnierende "Kernumwandlungszone" des kernnahen Splints, die gekennzeichnet sein soll durch stärkeren Tüpfelverschluss und im Gange befindliche Verkernung der Tracheiden, obgleich das Kern- Splint-Reagenz noch nicht anspricht (s.a.Bellmann 1956 (19) und 1956 (20)).Bellmann zog daraus den Schluss, dass dieser tränktechnisch schon kernähnliche innerste Splint auch bereits eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen Pilzbefall aufweisen müsse, sodass eine

Imprägnierung, genau wie beim Kern der Kiefer, nach den technischen Vorschriften der Bundespost nicht notwendig wäre.

Diese mykologische Frage wurde von G. Schulz (192) 1957 an deutschem und nordischem Innensplint und Aussenkern mit Lenzites abietina, Lentinus lepideus, Coniophora cerebella, Poria vaporaria und Merulius lacrimans untersucht. Es fanden sich dabei keine Unterschiede in der Pilzfestigkeit von Aussen-, Mittel- und Innensplint, dagegen bestätigte sich beim Aussenkern im Vergleich mit dem angrenzenden Splint eine erheblich grössere Resistenz gegen Zerstörung durch Lenzites, Poria und Merulius. Wenn durch diese Ergebnisse auch die Schlussfolgerung Bellmanns bezüglich der kernähnlichen Widerstandsfähigkeit des Innensplints widerlegt wurde, so bedurfte doch die Tatsache des oft unzureichend imprägnierten inneren Splints einer Erklärung. Diese Erscheinung wurde darauf zurückgeführt, dass gewisse Veränderungen, wie stärkere Verklebung der Tüpfel, sich zwar nicht in einer erhöhten Pilzresistenz auswirken, aber doch die Tränkfähigkeit des Innensplints erheblich vermindern.

A. und E. - A. Buro (29) fanden 1959 diese Auffassung in ihren umfangreichen Untersuchungen bestätigt, wenn auch die Bezeichnung "Kernumwandlungszone" korrigiert werden musste, weil die Durchlässigkeit des Splints sich nicht erst in 3 - 8 mm vor dem Kern, sondern schon viel eher verringerte. Mit gewissen Schwankungen nahm die Tränkfähigkeit des Splints von aussen nach innen ab, so wie die Änderungen des Splints in Richtung zum Kern erheblich stärker wurden. A. und E. - A. Buro stellten fest, "dass die Entfernung der Probe vom Kernholz in gewissen, natürlich beschränkten, Grenzen ein Maßstab für ihre Durchlässigkeit und damit wohl auch für die im Splint eingetretenen Änderungen ist." Weiter haben diese Autoren gefunden, dass die Durchlässigkeit (Pressluft) des Splintholzes sowohl bei deutschem als auch bei schwedischem Kiefernholz in enger Beziehung zur Splintbreite steht, und zwar in dem Sinne, dass Holz mit grosser Splintbreite im Aussensplint viel durchlässiger ist als solches mit schmalem Splint.

2.1.4. Vorliegende Ergebnisse über die Tränkfähigkeit deutschen und nordischem Kiefernholzes

Die bereits eingangs erwähnten Untersuchungen von Sczesny 1955 bezw. Bavendamm und Sczesny 1957 (11) ergaben bei der Heiß-Kalt-Trogtränkung mit Schutzmitteln auf Salz- und Ölbasis eine auffallend geringe Eindringtiefe bei schwedischem Kiefernholz. Wenn sich auch keine exakten Angaben über die Herkunft des Holzes finden, so ist auf Grund der sehr feinringigen Struktur zu schliessen, dass es sich um eine hochnordische Provenienz gehandelt hat. Es wurde vermutet, dass die im Vergleich zu deutscher Kiefer (Allgäu) schlechtere Aufnahmefähigkeit durch die Engringigkeit des Schwedenholzes verursacht wird. Allerdings ist die Frage nach dem Einfluss der Jahrringbreite auf die Tränkfähigkeit noch nicht eindeutig geklärt, vielmehr widersprechen sich die in der Literatur zu findenden Angaben.

Die Tatsache der geringeren Tränkfähigkeit nordischen Holzes wird aber durch weitere Untersuchungen bestätigt, die während der Durchführung und Auswertung der eigenen Versuche veröffentlicht wurden. So hat auch G. Schulz (192) 1957 bei Tränkversuchen mit Teeröl (Kesseldruckverfahren) eine wesentlich höhere Aufnahme der deutschen Kiefern im Vergleich mit den nordischen (Nordfinnland) gefunden:

Aufnahme von Teeröl (50%ig) in nordischem und deutschem Kiefernsplintholz (nach G. Schulz)

Herkunft	Aufnahme in kg/m³	Anzahl der Proben
Nord. Kiefernsplint Mast I	246,0	16
Deutscher Kiefernsplint (Oberhess.)	397,5	10
Nord. Kiefernsplint Mast III	216,4	21
Deutscher Kiefernsplint (Oberhess.)	359,3	24

Trotz der kleinen Probenzahl sind die Unterschiede infolge geringer Streuung gesichert. G. Schulz warnt allerdings davor,

diese Ergebnisse als repräsentativ anzusehen, da es sich nur um 2 verschiedene Versuchsmasten handelte.

Aufschlussreich waren die Versuche der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke AG über die Aufnahmefähigkeit nordischer Kiefernmasten. Über die grosstechnischen Versuche mit 961 Masten aus Finnland und Schweden im Kesseldruckverfahren wurde auf der 6. Holzschutztagung 1959 in Hamburg berichtet.(vergl. Demann 1959 (37). Bei Teerölaufnahmen von 75,5 bis 108,0 kg/m^3 waren 11.....18.....25% der Masten nicht genügend im Splint durchtränkt, bei Ölaufnahmen von 120,0 bis 132,0 kg/m^3 dagegen nur 4,2.....4,6.....5,0% Ausfälle. Dieses Ergebnis führte dazu, dass die RWE die Sollaufnahme für nordische Kiefernmasten von bisher 90 kg/m^3 auf 120 kg/m^3 heraufgesetzt haben.

Daraus ist der Schluss zu ziehen, dass auch diese praktischen Tränkversuche bei nordischen Masten eine geringere Wegsamkeit für Steinkohlenteeröl ergeben haben, dass andererseits aber die vollständige Durchtränkung des Splints bei erhöhter Aufnahmemenge und entsprechendem Verfahren möglich ist. Berücksichtigt man, dass die Tränkergebnisse in der Praxis für deutsche Kiefernmasten schon bei 90 kg/m^3 Sollaufnahme durchweg eine befriedigende Durchtränkung des Splints zeigen, so bleibt die Frage offen, ob die grössere Aufnahmemöglichkeit beim nordischen Holz auf eine durchweg grössere Splintbreite oder ein grösseres Porenvolumen zurückzuführen ist. Die Heraufsetzung der Sollaufnahme auch für deutsche Masten stellt eine Vorsichtsmaßnahme der RWE dar,um für die naturgemäss auftretenden Unterschiede in der Splintbreite auf alle Fälle eine vollständige Splintdurchtränkung zu erreichen. Durch entsprechende Abstimmung von Luftvordruck, Oldruck und Endvakuum muss man dann dem stärkeren Ausschwitzen bei deutschen Masten entgegenwirken. Die Veröffentlichung von Demann aus dem Jahre 1959 (57) gibt leider nicht die exakte Herkunft der Versuchsmasten an. Auch wäre es aufschlussreich gewesen, wenn zum Vergleich deutsche Masten unter gleichen Bedingungen imprägniert und wenn dann für deutsche und nordische Masten die Splintbreiten festgestellt worden wären.

Auch bei den Untersuchungen von A. und A. - E. Buro findet sich leider keine Angabe über die Provenienz der verwendeten schwedischen und einheimischen Kiefer, ebenso gestattet die kleine Probenzahl keine statistische Auswertung, jedoch wird die Splintbreite berücksichtigt. Die Versuche, welche die Durchlässigkeit des Holzes für Pressluft ermittelten, gestatteten immerhin die Aussage, dass schwedisches Kiefernholz bei gleicher Splintbreite eine geringere radiale Durchlässigkeit aufwies als deutsches Holz.

Bei dem Gesamtkollektiv der Proben besass das schwedische Holz eine geringere Splintbreite als das deutsche Holz, die Durchlässigkeit D_G (cm^2) für Pressluft war geringer als beim deutschen Holz:

Mittler.Durchlässigkt.(Pressluft)D_G(cm^2)des Splintholzes in den drei anatomischen Richtungen n.A. u. E.-A.Buro 1959 (29)

	Herkunft	
	Deutschland	Schweden
D_G, ax. 10^{13}	322..995..1850	300..618..1144
D_G, rad.10^{13}	7,8..99,5..277,5	3,7..21,2..54,7
D_G,tang.10^{13}	1,00..3,67..7,46	0,75..3,46..6,90
Splintbreite mm	24..59..115	18..39..84

Wenn diese Untersuchungen der Durchlässigkeit für Pressluft auch keinen unmittelbaren Schluss auf die Tränkfähigkeit mit Flüssigkeiten zulassen, so geben sie doch einen grundsätzlichen Hinweis auf die Wegsamkeit schwedischen und deutschen Kiefernholzes sowie auf den starken Einfluss der Splintbreite. Eine bessere Durchlässigkeit des Spätholzes, wie sie bei Imprägnierversuchen anderer Autoren mit flüssigen Imprägniermitteln festgestellt wurde, konnte hier bei Verwendung von Pressluft nicht nachgewiesen werden.

Leider sind, wie schon angedeutet, bei den vorstehend aufgeführten Versuchsergebnissen von Bavendamm und Sczesny, Demann, A. u. E. - A. Buro sowie G. Schulz keine näheren Angaben über die Provenienz des nordischen bezw. deutschen Kiefernholzes zu finden. Kollmann, Schmidt, Teichgräber und Baur dagegen (107) haben 1959 die Herkunft ihres Versuchsmaterials näher bezeichnet: 152 Proben aus Schweden,Nordschweden (Raum Gällivare-Överkalix 67° 8'N/ 66°20'N),Mittelschweden (Raum Sundsvall-Östersund 63°11'N/ 62°29'N),

Südschweden (Raum Kalmar-Oskarshamn 50°15'N/56°40'N), 150 Proben aus Deutschland, Oberhessen und Oberpfalz.

Aber auch hier handelt es sich um ziemlich grosse Herkunftsgebiete, und besonders durch die Untersuchungen von Langlet 1936 (114) ist bekannt, dass die physiologischen und die Holzeigenschaften der Kiefer innerhalb solcher Gebiete nicht nur mit der geographischen Breite, sondern auch mit der Höhenlage und den Standortsbedingungen variieren. Erhebliche Streuungen der Untersuchungsergebnisse sind vor allem dann zu erwarten, wenn das Probenmaterial wie bei den Untersuchungen von Kollmann und Mitarbeitern von mehreren verschiedenen Standorten (15 deutsche und 15 schwedische Standorte) stammt. Die Untersuchungsergebnisse konnten dementsprechend auch für Nord- und Mittelschweden trotz relativ grosser Probenzahl keine statistisch gesicherten Unterschiede der Tränkbarkeit im Vergleich zu deutschem Holz nachweisen:

Teerölaufnahme deutschen und schwedischen Kiefernholzes n. P. Kollmann und mitarb. 1959 (107)

Provenienz	Deutschland	Nord-schweden	Mittel-schweden	Süd-schweden
Teerölaufnahme kg/m³	120,2	117,2	124,9	155,4

Während die Tränkfähigkeit nord- und mittelschwedischen Holzes etwa im gleichen Rahmen wie die des deutschen Holzes lag, ist die wesentlich grössere Aufnahme der südschwedischen Proben wohl auf den erheblich geringeren Kernanteil zurückzuführen. Der Kernanteil für diese Provenienz betrug 18,9% gegenüber 31,2% (Mittelschweden), 32,2% (Nordschweden) und 35,7% (Deutschland). Das bedeutet, dass diese Tränkergebnisse die Frage nach der besseren oder schlechteren Tränkfähigkeit deutschen oder schwedischen Kiefernholzes nicht beantworten, will man nicht die grössere Splintbreite südschwedischen Holzes als repräsentativ annehmen und entsprechend den Versuchen von A. und E. - A. Buro, die eine Zunahme der Durchlässigkeit für Pressluft mit steigender Splintbreite ergaben, auf eine bessere Tränkfähigkeit mit Teeröl schliessen.

Kollmann und Mitarbeiter fassten ihre vergleichenden Tränkergebnisse dahin zusammen, dass das schwedische Holz um 8,3% mehr Teeröl aufgenommen habe als das deutsche, und dass dieses Ergebnis in dem geringeren Kernanteil des schwedischen Holzes seine Begründung finde. Diese Schlussfolgerung scheint aber nur bezüglich der südschwedischen und allenfalls der mittelschwedischen Proben möglich, dagegen nicht für die nordschwedische Provenienz Kollmann und Mitarbeiter ermittelten weiter, dass der Prozentsatz nicht imprägnierter Splintjahrringe im Durchschnitt für Mittelschweden höher lag als für Deutschland und die anderen schwedischen Herkünfte. Der Splint der südschwedischen Kiefer wurde trotz der grösseren Splintbreite relativ am besten durchtränkt, während für nordschwedische Kiefer der mittlere Prozentsatz zwar höher lag als für deutsche, dafür aber einen kleineren Streubereich aufwies. Diese Ergebnisse vermögen also die geringere Tränkfähigkeit des Innensplints nordischer Kiefer nur teilweise zu bestätigen.

Die vorliegenden Ergebnisse über die Tränkfähigkeit deutscher und nordischer Kiefernmasten können folgendermassen zusammengefasst werden: Ein Teil der Untersuchungen ergab eine geringere Eindringtiefe und Aufnahmefähigkeit nordischen Holzes (Bavendamm u.Sczesny, Schulz)für flüssige Schutzmittel; die Untersuchungen von Demann lassen auf eine schlechtere Wegsamkeit aber grössere Aufnahmemenge des nordischen Holzes für Teeröl schliessen; A.u. E. - A. Buro fanden eine geringere Durchlässigkeit schwedischer Kiefer für Pressluft; Kollmann, Schmidt, Teichgräber und Baur wiesen für südschwedisches Holz mit sehr niedrigem Kernanteil eine grössere Teerölaufnahme als für deutsche Kiefer nach. Mit Ausnahme der letztgenannten Untersuchungen wurde die exakte Herkunft des Holzes nicht berücksichtigt, und die geringe Probenzahl liess keine statistische Sicherung der ermittelten Unterschiede zu.Die Versuche von Demann wurden nur an nordischen Masten durchgeführt und gestatten lediglich mittelbar einen Vergleich mit der Teerölaufnahme deutscher Masten. Das von Kollmann und Mitarbeitern verwendete Probenmaterial entstammte 30 verschiedenen Standorten und war naturgemäss sehr inhomogen. Es muss somit festgestellt werden, dass die bisher vorliegenden

Ergebnisse die Frage nach der Tränkfähigkeit deutscher Kiefer im Vergleich zur schwedischen noch nicht eindeutig klären konnten.

2.2. Eigene Versuche

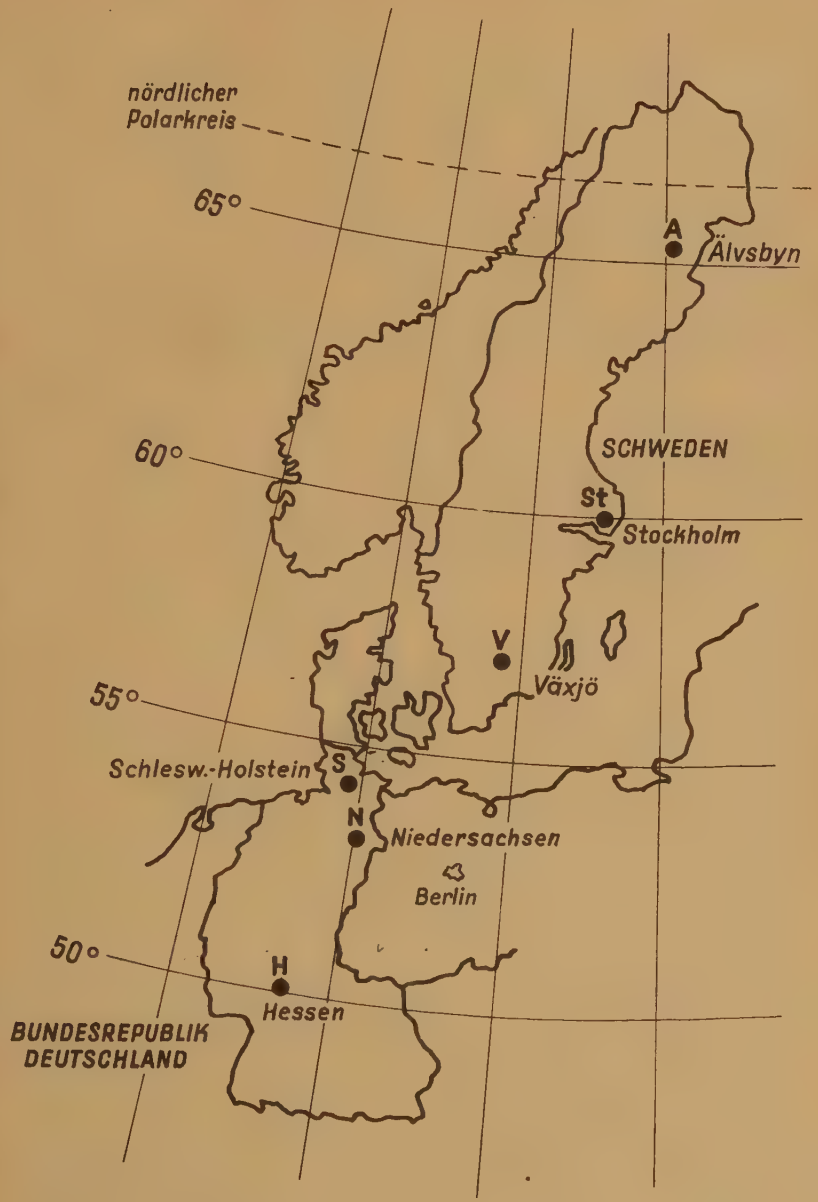
2.2.0. Versuchsplanung

Um den Einfluss der Provenienz auf die Tränkfähigkeit von nordischen und deutschen Kiefern mit Steinkohlenteeröl zu untersuchen, wurden 3 schwedische und 3 deutsche Kiefernprovenienzen klimatisch verschiedener Standorte ausgewählt, wobei Wert darauf gelegt wurde, dass die Bestände, denen je 40 Probestämme aus der herrschenden Bestandsschicht entnommen wurden, autochthon waren und für die betreffende Provenienz als repräsentativ galten. Standorte, Bestände und Probestämme sollten typisch für die ausgewählten schwedischen und deutschen Herkünfte sein, Um eine über den Einfluss der Provenienz hinausgehende Streuung der Eigenschaften des naturgemäss inhomogenen Versuchsmaterials möglichst zu vermeiden, wurde die Auswahl der Probestämme nach Hiebsreife, Stellung im Bestand, gesunder Wuchsform und gleicher Höhe der Proben im Stamm vom Verfasser selbst nach gleichen Gesichtspunkten vorgenommen.
Neben den Imprägnierversuchen (Kesseldruckverfahren) wurde der anatomische Aufbau des Holzes (Jahrringbau, Markstrahlanteil) untersucht und schliesslich im Hinblick auf die mechanische Beanspruchung von Masten die Druckfestigkeit in Faserrichtung geprüft. Die Probenbeschaffung erfolgte im Winter 1956/57; die Versuche wurden teils in der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbek, teils im Staatlichen Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen, Dortmund-Aplerbeck, und im Laboratorium Düsseldorf bis Frühjahr 1959 durchgeführt.

2.2.1. Die Herkunft des Versuchsmaterials

2.2.1.1. Standorte und Bestände

Die Übersichtskarte gibt die geographische Lage der Bestände in Schweden und Deutschland an.


nördlicher
Polarkreis
65°
60°
55°
50°
A
Älvsbyn
SCHWEDEN
St
Stockholm
V
Växjö
Schlesw.-Holstein
S
N
Niedersachsen
Berlin
H
Hessen
BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

Nordschweden

Bestand Nattberget, Forstdistrikt Alvsbyn, südl. von Boden 65°19'N, ca 150 m über NN. Autochthoner Bestand auf Sand, bestandesalter um 170 Jahre, Bestandesmittelhöhe etwa 15 - 18 m. Die Probeabschnitte wurden in einer Stammhöhe von 4 - 7 m entnommen (32 Stämme bei 7 m, 3 Stämme bei 6 m, 4 Stämme bei 5 m und 1 Stamm bei 4 m). In dieser Höhe hatten die Stämme im Mittel 20 cm Durchmesser. Feinästige, schmalkronige, typische Lapplandkiefer mit weit herabreichender Dünnborke, guter Schaftform im Reinbestand mit guter Naturverjüngung. Die Fotos auf Seite 17 a - d vermitteln einen weiteren Eindruck.

Mittelschweden

Revier Bogesund bei Stockholm, 59°22'N. Geographisch trifft die Bezeichnung Mittelschweden nicht ganz zu, es käme unter diesem Gesichtspunkt eher die Breite von Sundsvall in Frage. Neger (154) hat aber 1914 darauf hingewiesen, dass eigentlich nur die Lapplandkiefer von der südschwedischen Kiefer zu unterscheiden ist, und dass das Gebiet etwa westlich von Sundsvall und Gävle ein Übergangsgebiet beider Kiefernrassen darstellt. Zudem wurde der Bestand im Stockholmer Gebiet als charakteristisch für das mittelschwedische Ostküstgebiet bezeichnet.
Kiefern-Fichten-Mischbestand auf gutem Kiefernstandort, blockige Moräne, für Fichte etwas zu trocken, leichte Hanglage. Bestandesalter ca 80 Jahre, Bestandesmittelhöhe 22 - 25 m, Probenahme aus 5 - 9 m (2 Stämme 9 m, 35 Stämme 7 m, 2 Stämme 6 m und 1 Stamm 5 m), wo der Durchmesser etwa bei 25 cm lag. Schmalkronige, doch grobastige Kiefer, Bauholzqualität.

Südschweden

Värends Revir, Växjö, 56°33'N, 90 m über NN, eben. Kiefern-Fichten-Mischbestand auf sandiger Moräne, Bestandesalter ca 70 Jahre, Mittelhöhe rd. 20 - 22 m, Probenahme aus 4 - 10 m Stammhöhe (1 Stamm 10 m, 3 Stämme 8 m, 21 Stämme 7 m, 12 Stämme 6 m, 2 Stämme 5 m und 1 Stamm 4 m), da der Splint bei 7 m Höhe oft nicht die für die Splintproben benötigte Breite von 35 mm hatte. Gute, kaum astige Qualität, geradschaftig, lange Krone, verhältnismässig dicke Borke.

Schleswig - Holstein

Revier Kummerfeld, Abt. 78 b, 87 b (24 Stämme), Revier Quickborn, Abt. 61 b (16 Stämme), Forstamt Rantzau, 53°47'N Kummerfeld 8 - 10 m über NN, Kiefern-Reinbestand, II.Bonität, 130jährig, Bestandesmittelhöhe 26 - 27 m, astige Bauholzqualität.

Quickborn 24 m über NN, Kiefern-Buchen-Mischbestand, I/II.Bonität, 130jährig, Bestandesmittelhöhe 27,5 m, gute Holzqualität (Rammpfähle und Schneideholz). Probenahme aus 7 - 11 m Höhe (1 Stamm 11 m, 3 Stämme 9 m, 36 Stämme 7 m). Die Rantzauer Kiefer stockt auf altdiluvialem Decksand - Geschiebelehmböden. Decksande wechselnd 0,5 - 1 m mächtig, über grundwasserfreiem Geschiebelehm, teilweise verdichtet, zeitweise Stauwasser. Bei der Bestandesgründung wurden lückige Buchenverjüngungen mit Kiefernsamen ausgesät, die Herkunft des Saatgutes ist nicht bekannt; Anhaltspunkte sprechen für südschwedischen Samen. Leider können die beiden Bestände nicht als autochthon angesehen werden, sie werden aber für schleswig-holsteinische Kiefernvorkommen als repräsentativ bezeichnet, wo im natürlichen Eiche - Hainbuch - Birke - Waldgebiet mit Kiefer aufgeforstet wurde.

Niedersachsen

Gräfl. Bernstorff'sches Forstamt Gartow b.Lüchow, Jagen 279, 53°01'N, 18 m über NN, Kiefernaltholz mit Buchenunterwuchs, 95jährig, II. Bonität. Bestandesmittelhöhe 25 - 27 m. Boden in den obersten 70 cm stark humoser, mässig verfestigter Sand, darunter fein- bis mittelkörniger Sand und in etwa 1,50 - 1,70m Tiefe anstehendes Grundwasser. Bestandesbegründung mit autochthonen Kiefernballen. Verhältnismässig astige, breitkronige Kiefer, Probennahme in 8 - 11 m Höhe (38 Stämme in 8 m, 1 Stamm 9 m, 1 Stamm 11 m). Die Provenienz ist repräsentativ für das natürliche Kiefernvorkommen inmitten des niedersächsischen Eiche-Buchengebietes.

Hessen

Forstamt Mörfelden bei Grossgerau, Distrikt 62 Wiesental, 49°59'N, 101 m über NN. Wüchsiges Kiefernaltholz (88jährig) mit Buchen-Unterbau, Bestandesmittelhöhe 27 m, II.Bonität, diluviales hydromorphes Sandprofil, Grundwasser bei 140 cm, Bodentyp oligotropher bis mesotropher Braunerdeglei.

Bodenprofil: 1 - 4 cm Tiefe Moder und Streu, 4 - 8 cm schwarzer bis schwarzgrauer schluffighumoser Flugsand, 8 - 50 cm gelbbrauner, feiner Sand, 50 - 105 cm schwach verdichteter Sand, in grösserer Tiefe zunehmend lehmiger, roter bis graublauer Schluff und Sand in wechselnder Schichtung. Durchwurzelung zu 60% bis 8 cm Tiefe, 20% 8 - 50 cm, 5% in 50 - 105 cm und 15% in grösserer Tiefe. Autochthone südwestdeutsche Tieflandskiefer, breitkronig, stark beulige, mässig astige B-Qualität, teilweise exzentrischer Wuchs. Probenahme aus 7 - 9 m Stammhöhe (37 Stämme 7 m, 1 Stamm 8 m und 2 Stämme 9 m).

Kritisch ist zur Auswahl der Probestände zu sagen, dass sie Unterschiede im Alter und in der Bestandesmittelhöhe aufweisen. Es war angestrebt worden, 70 - 90jährigen Beständen die Proben zu entnehmen. Andererseits sollten die Bestände hiebsreif und die Dimensionen der Stämme zur Verwendung als Masten geeignet sein. Da diese letztere Forderung gemäss der Zielsetzung der Versuche besonders wichtig war, wurde die Abweichung des Bestandesalters (vor allem Nordschweden 170jährig) in Kauf genommen. Auch die Stammhöhe, aus der die Proberollen herausgeschnitten wurden, sollte an sich einheitlich bei 7 m liegen. Diese Forderung ist deshalb von grosser Bedeutung, weil sich bei der Kiefer die Beschaffenheit des Holzes in der Längsrichtung des Stammes ändert; beispielsweise ist die Rohwichte am Stammfuss am grössten und nimmt nach oben ab (Trendelenburg 1939 (217)). Im Hinblick auf die geforderte Splintbreite von wenigstens 35 mm, die für die Aufbereitung der Splintproben notwendig war (Schwinden beim Trocknen, Schnittverluste), und um die Wertminderung der Probestämme möglichst klein zu halten, hätte es nahegelegen, die Proberollen am unteren Stammende zu entnehmen, wie es Kollmann und Mitarbeiter bei ihren Versuchen getan haben. Trotzdem wurde die Höhe von 7 m für die Probenentnahme gewählt, um den Versuchen Hölzer mit mittleren Eigenschaften zugrundezulegen. Von den insgesamt 240 Probeabschnitten stammten 161 Stück aus 7 m Stammhöhe, 42 Stück aus 8 m, 17 Stück aus 6 m, also 220 Stück oder rd. 92% aus 6 - 8 m Stammhöhe. Bei der Auswertung der Versuche wird darauf eingegangen werden, ob die Abweichung von der einheitlichen Stammhöhe die Ergebnisse

Fotos:
Bestand Natt-
berget,
Älvsbyn (Nord-
schweden)

Fotos: Bestand Bogesund b. Stockholm (Mittelschweden)

Fotos: Bestand Värends revir b. Växjö (Südschweden)

Fotos: Bestand Jagen 279 Gartow b. Lüchow (Niedersachsen)

Foto: Bestand Wiesental (62), Forstamt Mörfelden (Hessen)

wesentlich beeinflusst hat.

Bewusst wurden die Bestände aus Gebieten verschiedener geographischer Breite von Norden nach Süden ausgewählt, weil die Erbanlagen der Rassen sowie das Klima des Wuchsgebietes (neben der Bestandeserziehung) einen wesentlichen Einfluss auf die Holzbeschaffenheit ausüben und daher auch Unterschiede der hier untersuchten Eigenschaften erwartet werden können. Systematisch wurde die Probenahme auf einen typischen Bestand je Provenienz beschränkt, um dadurch eine Vergrösserung der Streuung bei Verwendung mehrerer verschiedener Bestände von unterschiedlichen Standorten zu vermeiden.
Die Auswahl der für die betreffende Provenienz nach Rassenmerkmalen, Standort, Bonität und Bestandesform repräsentativen Bestände von Tieflandskiefern erfolgte in Schweden gemeinsam mit Herrn Dr. Erik Rennerfelt, Statens Skogsforskningsinstitut Stockholm, in Deutschland nach Angaben der Landesforstverwaltungen Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Hessen.Es war geplant, auch eine oberpfälzische Provenienz in die Versuche einzubeziehen, nach Mitteilung der bayerischen Ministerialforstverwaltung konnte aber kein Bestand autochthoner Tieflandskiefer nachgewiesen werden. Die Kiefer der Oberpfalz trägt in den älteren Beständen durchweg die Merkmale der Höhenkiefer der Mittelgebirge, während die im westlichen Unterfranken stockende Kiefer die Eigenschaften der südwestdeutschen Tieflandskiefer aufweist. Es handelt sich nicht um autochthone Bestände, sondern um Kiefernbestockung aus seit der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts eingeführtem Handelssaatgut.

2.2.1.2. Das Klima der Wuchsgebiete

Der folgende Vergleich der Niederschlags- und Temperaturverhältnisse kennzeichnet die klimatische Lage der ausgewählten Standorte, wobei zu berücksichtigen ist, dass im Norden vor allem die Temperatur als Minimumfaktor von besonderer Bedeutung für das Wachstum ist (Tabelle 1).
Kalela (92) hat 1937 zur näheren Bestimmung der wichtigen klimatischen Faktoren Klimaformeln empfohlen.

Tabelle 1 Vergleich der Niederschlags- und Temperaturverhältnisse

Ort	Monat J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Pitea/Boden 65°19'N													
Mittel-Temperaturen 1901-1930	-9.2	-9.2	-5.3	+0.3	+6.2	+12.5	+15.9	+13.4	+8.5	+2.2	-4.1	-7.8	+1.94°C
Mittel-Niederschläge 1921-1950	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	479 mm
Stockholm 59°22'N													
Mittel-Temperaturen 1901-1930	-2.7	-2.8	-0.4	+3.6	+9.3	+13.7	+17.0	+15.4	+11.4	+6.4	+1.5	-1.5	+5.91°C
Mittel-Niederschläge 1921-1950	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	579 mm
Växjö 56°53'N													
Mittel-Temperaturen 1901-1930	-1.8	-2.0	+0.4	+4.6	+10.3	+14.1	+16.5	+14.7	+11.1	+6.7	+2.1	-0.6	+6.34°C
Mittel-Niederschläge 1921-1950	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	670 mm
Quickborn 53°47'N													
Mittel-Temperaturen 1947-1957	+0.3	-0.9	+2.6	+7.3	+12.0	+15.0	+16.5	+16.0	+13.3	+8.8	+4.8	+2.4	+8.18°C
Mittel-Niederschläge 1947-1957	63.6	45.7	51.4	49.5	57.2	77.9	86.0	87.6	78.0	50.0	66.4	69.6	782.2 mm
Gartow 53°01'N													
Mittel-Temparaturen 1947-1957	-0.1	-1.0	+3.1	+8.1	+12.4	+15.9	+17.3	+16.8	+13.8	+8.8	+4.8	+2.1	+8.50°C
Mittel-Niederschläge 1947-1957	42.6	32.6	34.3	37.5	61.3	84.6	67.6	61.9	53.5	33.9	45.2	50.9	605.0 mm
Groß-Gerau 49°59'N													
Mittel-Temperaturen 1948-1957	+0.5	+0.8	+5.2	+0.6	+13.7	+17.0	+19.1	+17.7	+14.4	+9.3	+4.7	+1.9	+9.50°C
Mittel-Niederschläge 1947-1957	39.5	32.8	33.9	33.6	51.6	63.8	58.6	64.4	55.3	38.1	45.6	52.2	569.5 mm

Für die hier untersuchten Provenienzen lauten die Klimaformeln folgendermassen:

Standort	Geograph. Breite	Klimaformel
Pitea/Boden	65°19'N	3(13,9 15,9) - 5 (-7,1) - 25,1 - 479
Stockholm	59°22'N	4(14,4 17,0) - 4 (-1,9) - 19,8 - 579
Växjö	56°53'N	5(13,3 16,5) - 3 (-1,5) - 18,5 - 670
Quickborn	53°47'N	5(14,6 16,5) - 1 (-0,9) - 17,4 - 782
Gartow	53°01'N	5(15,2 17,3) - 2 (-0,6) - 18,3 - 605
Gross-Gerau	49°59'N	5(16,4 19,1) - 0 (0,5) - 18,6 - 570

Für Stockholm haben die Ziffern z.B. folgende Bedeutung:

4 = Anzahl der Monate, deren Mitteltemperatur bei 10° und höher liegt

14,4 = Mitteltemperatur derselben 4 Monate

17,0 = Mitteltemperatur des wärmsten Monats des Jahres

4 = Anzahl der Monate, deren Mitteltemperaturen bei 0° und niedriger liegen

-1,9 = Mitteltemperatur dieser 4 Monate

19,8 = Amplitude zwischen dem wärmsten und dem kältesten Monat

579 = Durchschnittliche jährliche Niederschlagshöhe (mm)

Es muss darauf hingewiesen werden, dass sich im Raum Älvsbyn (Nordschweden) die nächsten metereologischen Stationen in Pitea und Boden befanden, deshalb wurden in der Tabelle 1 für die Mitteltemperaturen die Messungen von Pitea und die Mittelniederschläge von Boden (etwas nördlich von Älvsbyn) verwendet. Klimatisch sind die gewählten Standorte also dadurch charakteristisch, dass die Anzahl warmer Monate, die Jahresmitteltemperaturen, die Mitteltemperaturen der warmen Monate von Norden nach Süden zunehmen. Von Süden nach Norden sinken die Mitteltemperaturen der Frostmonate,und die Amplituden zwischen dem wärmsten und kältesten Monat werden grösser. Beim schleswig-holsteinischen Standort Quickborn macht sich die Küstennähe durch hohe Niederschläge und geringere Temperaturschwankungen bemerkbar, während sich im hohen Norden neben niedrigen Temperaturen nur geringe Niederschlagshöhe findet.

Nach den Untersuchungen von Langlet ist für das Wachstum schwedischer Kiefern die Dauer der Vegetationsperiode und die nördliche Breite vor allem entscheidend, während der Mitteltemperatur des wärmsten Monats und der Meershöhe nur untergeordnete Bedeutung zukommen. Bei seinen Untersuchungen des Trockensubstanzgehaltes liess sich schliesslich kein Einfluss des mittleren Jahresniederschlages nachweisen. Er fand, dass sich der Einfluss der Vegetationsdauer durch die Zahl der Tage/Jahr mit +6°C und mehr mittlerer Temperatur ausdrücken lässt. Diese Zahl liegt für Älvsbyn etwa bei 125, Stockholm 166, Växjö bei 170 Tagen. Die nachfolgende Abbildung 1 verdeutlicht die Unterschiede in den Temperaturverhältnissen der verglichenen Standorte, vor allem die Sonderstellung der nordschwedischen Provenienz mit ihrer kurzen Vegetationsperiode.

2.2.2. Angewandte Methode der systematischen Probenauswahl

Es standen 240 Rundholzabschnitte von 40 cm Länge zur Verfügung. Infolge auftretender Bläue mussten einige Proben verworfen werden, sodass 235 Abschnitte übrig blieben (Nordschweden 39, Mittelschweden 39, Südschweden 39, Schleswig-Holstein 40, Niedersachsen 40, Hessen 38). Aus dem Aussensplint jeder Rolle wurden etwa 8 Probestäbe herausgeschnitten, über 8 Monate auf eine Holzfeuchtigkeit von 9 - 10% herabgetrocknet und zu Proben für die Jahrringbreitemessung und Markstrahluntersuchung, zu Tränkklötzchen und Druckfestigkeitsproben aufgeteilt. An 1937 Splintscheiben wurde die Jahrring-, Spätholz- und Frühholzbreite ermittelt. Nach mathematisch - statistischer Auswertung dieser Ergebnisse wurden dann die weiteren Versuche nicht an dem Gesamtkollektiv ausgeführt, sondern an einem Teilkollektiv von Proben, dessen Jahrringaufbau den gefundenen Mittelwerten der betreffenden Provenienzen möglichst nahe kam.
Durch Vorversuche wurden Anhaltspunkte dafür gewonnen, welche auf solche Art ausgewählte Probenanzahl ausreichend sein würde. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Anzahl der jeweils untersuchten Proben.

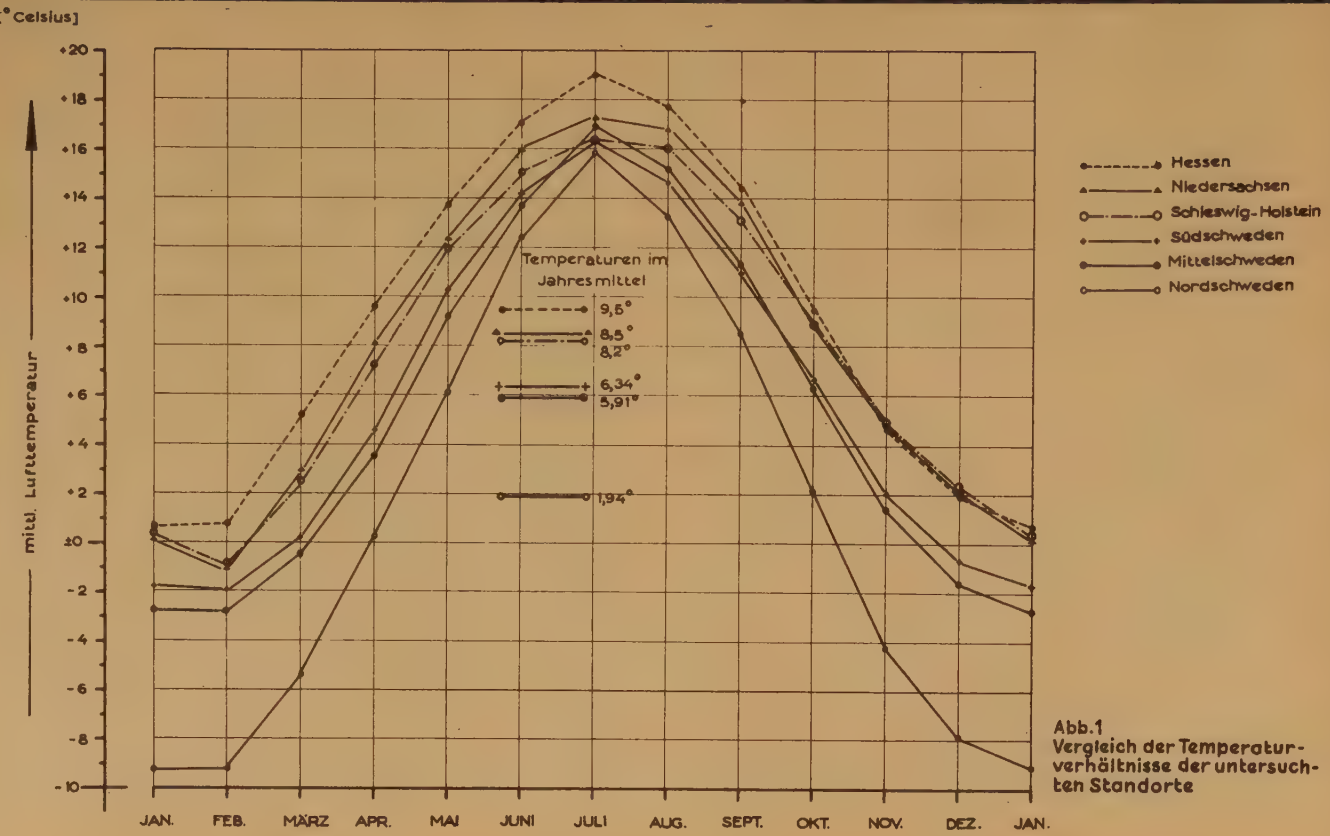


Abb.1
Vergleich der Temperaturverhältnisse der untersuchten Standorte

Übersicht über die untersuchten Proben

Provenienz	Jahrringaufbau Probenzahl	Imprägnierfähigkeit Probenzahl	Markstrahlanteil Probenzahl	Druckfestigkeit Probenzahl
Nordschweden	236	123	34	35
Mittelschweden	323	122	34	35
Südschweden	292	103	34	35
Schlesw.-Holst.	377	139	38	37
Niedersachsen	338	76	33	35
Hessen	371	113	34	35
Insgesamt:	1937	676	208	212

Jeder Probestab wurde durch eine eigene Kennziffer bezeichnet, ebenso die Splintscheiben für die Messung des Jahrringaufbaues, die Proben für Imprägnierfähigkeit und Druckfestigkeit. Durch die benachbarte Lage der Proben in den Stäben hatten sie weitgehend gleichen Jahrringaufbau. Durch die systematische Auswahl entsprach der Jahrringbau mit geringer Streubreite dem für die jeweilige Provenienz an dem Gesamtkollektiv errechneten Mittelwert.

Die angewandte Methode der systematischen Stichprobenahme lässt sich folgendermassen zusammenfassen:

Systematische Auswahl

1. der für die Provenienzen repräsentativen Bestände
2. der repräsentativen Probestämme und Stammabschnitte
3. der Probestäbe, die den Gruppen-Mittelwerten des Jahrringaufbaues weitgehend entsprechen.

Durch diese Methode brauchte nicht das zur Verfügung stehende Gesamtkollektiv von rd. 1900 Proben für die Druckfestigkeits- und Markstrahluntersuchungen bezw. von sogar 9500 Tränkproben bearbeitet zu werden, sondern der Probenumfang verringerte sich auf die oben genannten Zahlen.

2.2.3. Imprägnierversuche

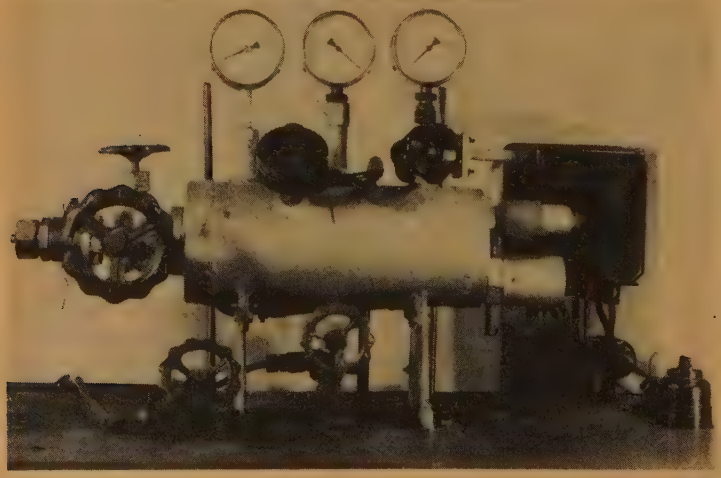
2.2.3.1. Versuchsbedingungen und Versuchsanordnung

Untersucht wurde die Teeröl-Eindringung in Faserrichtung und Markstrahlrichtung bei Splintproben schwedischer und deutscher Kiefern verschiedener Provenienzen, um etwa vorhandene Unterschiede statistisch gesichert nachzuweisen. In Ergänzung der Untersuchungen der Abteilung Holzpathologie und Holzschutz des Institutes für Biologie des Holzes (W. Bavendamm und Mitarbeiter) mit handwerklichen Imprägnierverfahren wurde bei den vorliegenden Versuchen die Kesseldrucktränkung mit üblichem Steinkohlenteeröl nach Bundespost-Vorschrift angewendet. Das Versuchsmaterial bestand aus Tränkklötzchen mit den Abmessungen 20 x 20 x 20 mm, die aus dem äussersten Splint der Rundholzabschnitte gewonnen wurden. Die Holzfeuchtigkeit von u = 9 - 10% wurde durch langsame Trocknung über 8 Monate in einem ungeheizten Bodenraum erreicht, wobei gehobelte Stäbe nach Art der Faßdaubentrocknung in sechseckigen Stapeln luftig gestapelt wurden (siehe Abb. 2)

Abb. 2: Trocknung der Probestäbe

Durch Vorversuche musste geklärt werden, mit welchem Tränkverfahren bei den Proben mit der besten Teeröleindringung gerade eine Eindringtiefe von 20 mm (Gesamtprobendicke) erreicht wurde, während die Proben mit geringer Tränkfähigkeit doch noch eine messbare Eindringtiefe ergaben. Dabei zeigten sich bereits interessante Ergebnisse, auf die im folgenden Abschnitt eingegangen werden soll. Weiter wurde in Vorversuchen ermittelt, welche Abdichtung bei 100° heissem Teeröl einen sicheren Abschluss der 5 Seiten eines Klötzchens gewährleistete, damit die Tränkergebnisse z.B. in der radialen Tränkrichtung nicht durch die Eindringung über Hirn verfälscht wurden. Am besten bewährte sich ein 4faches Bestreichen (Hirnflächen 6fach) mit Wiedelit-Spezial-Überzugslack N 38593. Einem Desmodur - Desmophen-Lack der Firma Wiederhold, Hilden/Rhld. Die Härtung des DD-Lackes erfolgt in etwa 3 - 6 Stunden, die volle Aushärtung ist etwa nach 14 Tagen erreicht. Diese Lackbehandlung hatte den Vorteil, dass die Hirnflächen bis zu etwa 2-3 mm Tiefe den Lack aufnahm und dadurch die direkte Eindringung über Hirn vermieden wurde.

Die verwendete Versuchsanlage (Abbildung 3) gestattete eine weitgehende Nachahmung des in der grosstechnischen Imprägnierung angewendeten Kesseldruckverfahrens. Die Tränkdrücke konnten bis auf 40 kg/cm^2 und die Teeröltemperaturen mittels Tauchheizkörper (Thermostat-Genauigkeit 0,2°) bis zu 230° C gesteigert werden. Eine Wasserstrahlpumpe konnte einen Unterdruck bis zu 720 mm Quecksilbersäule erzielen. Abb. 3



Im übrigen kann auf die ausführliche Beschreibung von Bellmann (1953 (17)) hingewiesen werden, da es sich, wie gesagt, bei der verwendeten Versuchsanlage um einen Nachbau der dort entwickelten Imprägnieranlage handelt. Lediglich die Reglergenauigkeit wurde verbessert.

2.2.3.2. Durchführung und Ergebnisse der Vorversuche zur Ermittlung des geeigneten Tränkverfahrens

Von jeder Provenienz wurden 40 Tränkklötzchen für die Vorversuche mit radialer und longitudinaler Tränkrichtung aufbereitet. Untersucht wurde der Einfluss der Tränkdauer auf die Eindringtiefe des Teeröls.

1. Radiale Eindringung

Versuchsbedingungen:

Unterdruck von 720 mm Quecksilber-Säule über 1 Minute zur Absaugung der Luft.
Tränkdruck 8 und 10 kg/cm^2 über verschieden lange Tränkzeit (bis 120 Min.)
Teeröltemperatur 100°C (z.T. 120°C) Unterdruck von 720 mm Quecksilber-Säule über 1 Minute zur Absaugung des überschüssigen Teeröls

Nach Beendigung des Versuchs wurden die Proben sofort aufgeschnitten und die Eindringtiefe auf 0,5 mm genau gemessen.

Ergebnisse:

1. Bei allen Proben nahm die Eindringtiefe mit wachsender Tränkdauer zu; allerdings war die Zunahme nicht linear. Diese Tatsache ist bereits aus der Literatur bekannt.

2. Der Einfluss der Provenienz auf die Eindring-Geschwindigkeit des Teeröls zeigte sich sehr deutlich beim Vergleich der niedersächsischen und hessischen Kiefer mit der nordschwedischen: Während beim deutschen Holz schon bei 20 Min, Tränkdauer ein Teil der Proben mit 18 - 20mm Eindringtiefe das Tränkklötzchen (Probendicke 20 mm) völlig durchdrungen hatte und der weitere Einfluss der Tränkzeit nicht mehr gemessen werden konnte, lag die Eindringtiefe bei der nordschwedischen Kiefer unter 5 mm und bei einem grossen Teil der Proben war die

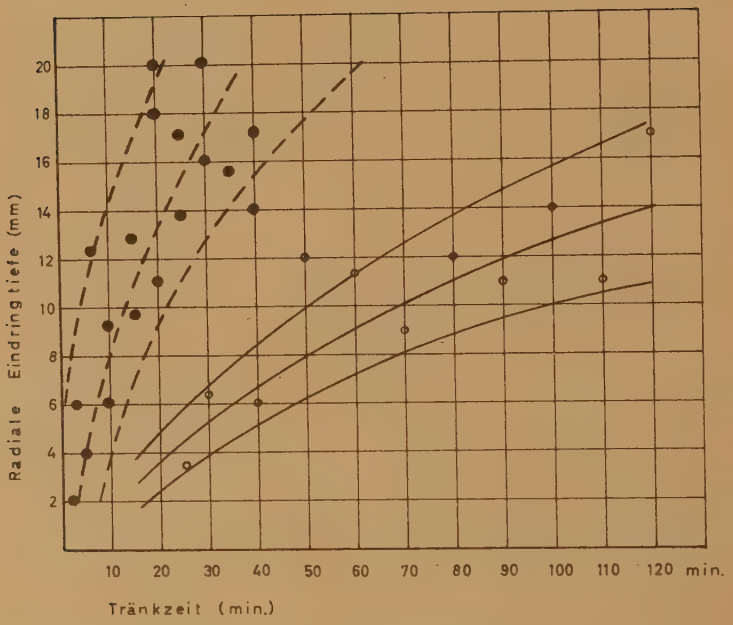


Abb. 4 Radiale Eindringung von Steinkohlenteeröl T= 120°C, P= 10°kg/cm² in Abhängigkeit von der Tränkdauer bei nordschwedischer Kiefer ——— und deutscher Kiefer – – – – –

geringe Eindringtiefe von 1 - 2,5 mm noch nicht sicher messbar. Erst bei etwa 120 Minuten Tränkzeit waren die hochnordischen Proben z.T. völlig imprägniert. Die hier festgestellte Tendenz ist in Abbildung 4 wiedergegeben worden, obgleich zu beachten ist, dass wegen der relativ geringen Probenzahl und der erheblichen Streuung keine absoluten Zahlen für den Unterschied der Eindringgeschwindigkeit daraus hergeleitet werden konnten.

3. Änderungen des Tränkdruckes von 8 auf 10 kg/cm^2 ergaben insgesamt eine geringe Steigerung der Eindringtiefe bei allen Provenienzen.

4. Die Teeröltemperatur von 100° und 120°C ergab keinen eindeutigen Einfluss. Die höhere Temperatur scheint infolge der Viskositätsveränderung die Teeröleindringung zu fördern.

5. Eine Verlängerung der Einwirkung des Vakuums zur Absaugung der Luft wirkte sich besonders bei den nordschwedischen Proben in einer Verbesserung der Eindringtiefe aus.

2. Longitudinale Eindringung

Versuchsbedingungen:

Unterdruck von 720 mm Quecksilber-Säule über 10 Sekunden zur Absaugung der Luft.
Tränkdruck von 10 kg/cm^2 über verschieden lange Tränkzeit (5 Sekunden bis 30 Minuten).
Teeröltemperatur 100°C
Unterdruck von 720 mm Quecksilber-Säule über 10 Sekunden.

Ergebnisse:

Die bei der Tränkung in Markstrahlrichtung gefundenen Tendenzen bestätigen sich durchweg, wenn die Eindringung natürlich auch viel schneller vor sich ging. Bei einer Tränkdauer von 30 Sekunden fand sich die für einen Vergleich geeignete Tränkzeit, denn alle Provenienzen zeigten messbare Eindringtiefen im Bereich von 2 - 20 mm. Vor allem zeigte sich bei der axialen Tränkung die gleiche schon bei den Vorversuchen zur radialen Imprägnierung beobachtete Erscheinung, dass die nordschwedischen Proben eine geringere Eindringtiefe aufwiesen.

Zusammenfassend haben die Vorversuche gezeigt, dass bei den verschiedenen Provenienzen mit der zu erwartenden Streuung innerhalb des Probenmaterials Unterschiede in der Eindringgeschwindigkeit bestehen, und zwar sowohl bei der axialen wie der radialen Tränkrichtung. Bei der Imprägnierung in Markstrahlrichtung liess sich keine Versuchsanordnung finden, die bei gleicher Tränkzeit sowie gleichen Temperatur- und Druckverhältnissen eine Eindringtiefe bei allen Gruppen zwischen 0 und 20mm Eindringtiefe (= Probendicke) ergab. Dagegen wurde bei Tränkung in Längsrichtung ermittelt, dass diese Bedingung bei folgendem Tränkschema erfüllt wurde:

720 mm Quecksilber-Säule Unterdruck über 10 sec.
10 kg/cm^2 Tränkdruck über 30 sec.
100°C Teeröltemperatur
720 mm Quecksilber-Säule Unterdruck zum Absaugen überschüssigen Teeröls über 10 sec.

Bei der folgenden Untersuchung des Einflusses der Provenienz wurden deshalb diese Tränkbedingungen und die Längsrichtung als Tränkrichtung gewählt, weil bei der radialen Imprägnierung nur durch Änderung der Versuchsbedingungen, vor allem durch Verlängerung der Tränkzeit bei den nordschwedischen Proben, ein vergleichbares Bild hätte gewonnen werden können. Freilich muss der Einwand geltend gemacht werden, dass die Längsrichtung bei der praktischen Mastenimprägnierung im Kesseldruckverfahren weit weniger Bedeutung hat als die Markstrahlrichtung. Insofern verringern sich die Möglichkeiten, aus den Versuchsergebnissen Rückschlüsse auf die Praxisverhältnisse zu ziehen. Dagegen ist aber einzuwenden, dass die Imprägnierversuche im Laboratorium an kleinen Tränkproben in jedem Falle nur Tendenzen aufzeigen können, keinesfalls aber eine direkte Übertragung der ermittelten Absolut-Werte auf die Praxis gestatten. Es genügt also der Nachweis, dass die bei longitudinaler Imprägnierung gefundenen Tendenzen auch bei der Tränkung in Markstrahlrichtung auftreten. Zu bedenken ist auch, dass bei radialer Imprägnierung der Proben von nur 2 x 2 x 2 cm Grösse trotz guter Abdichtung die Gefahr besteht, dass das heisse Teeröl unter der Lackschicht über Hirn longitudinal durchschiesst, sodass die gemessene Eindringtiefe sich aus radialer und longitudinaler Eindringung

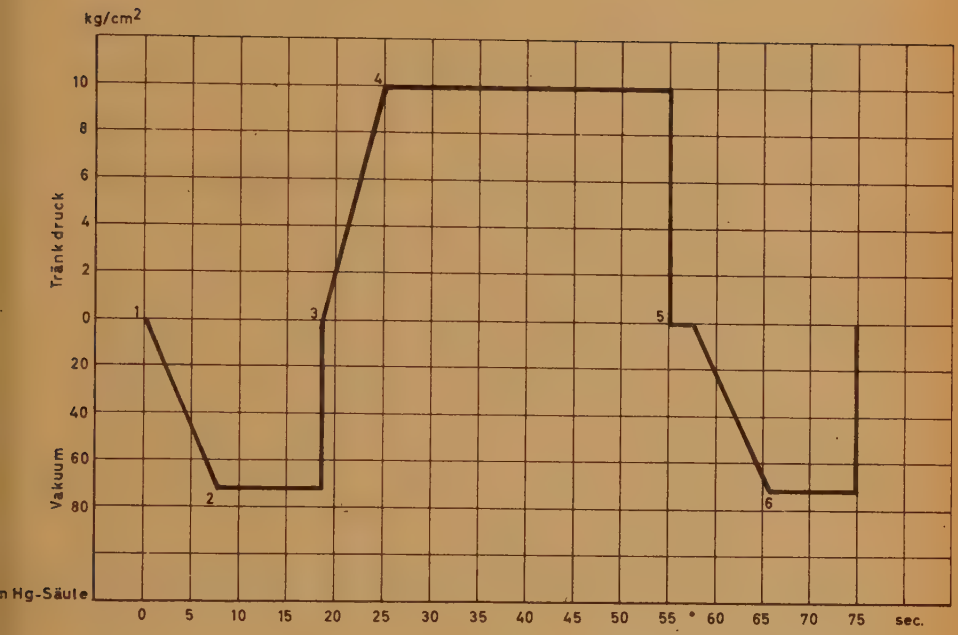


Abb. 5 Schaubild der Versuchstränkung mit Steinkohlenteeröl
Tränkrichtung longitudinal, Teeröltemperatur 100° C

1 Vakuum herstellen
2 Vakuum von 720 mm Hg-Säule über 10 sec.
3 Tränkdruck von 10 kg/cm² herstellen
4 Tränkdruck 30 sec halten
5 Öl ablassen
6 Unterdruck von 720 mm Hg-Säule über 10 sec.

zusammensetzt. Das Messergebnis wird also durch den Erfolg der Abdichtung beeinflusst. Wird dagegen von vornherein in Längsrichtung imprägniert,und werden die Tangential- und Radialflächen sowie auch die rückseitige Hirnfläche der Klötzchen sorgfältig durch mehrfachen Lackauftrag abgedichtet, so stellt das Messergebnis bei allen Proben gleichmässig die longitudinale Eindringtiefe dar. Das gewählte Tränkverfahren geht aus dem in Abbildung 5 gezeigten Imprägnierdiagramm hervor.

2.2.3.3. Prüfung der Provenienzen auf signifikante Unterschiede in der Tränkfähigkeit

Im Abschnitt 2.2.2. war darauf hingewiesen worden, dass durch systematische Probenahme das Versuchsmaterial eingegrenzt wurde. Die Imprägnierversuche wurden an einem Teilkollektiv von Tränklötzchen, deren Jahrringaufbau dem Mittelwert der betreffenden Provenienz entsprach, durchgeführt. Die Auswertung erfolgte nach den Gesetzen der mathematischen Statistik mit Streuungszerlegung und Prüfung auf gesicherte Unterschiede. Aus Mittelwert und Totalstreuung wurde der Mittelwert mit Vertrauensbereich $x_m = \bar{x} \pm \frac{t \cdot s}{\sqrt{N}}$ errechnet, wobei t beim Freiheitsgrad $n = N - 1$ für die Sicherheiten von 95, 99 und 99,9% der t-Tabelle entnommen wurde. Der Rechnungsgang ist ausführlich im Anhang wiedergegeben.

Eindringtiefe (mm) von Teeröl bei axialer Tränkung

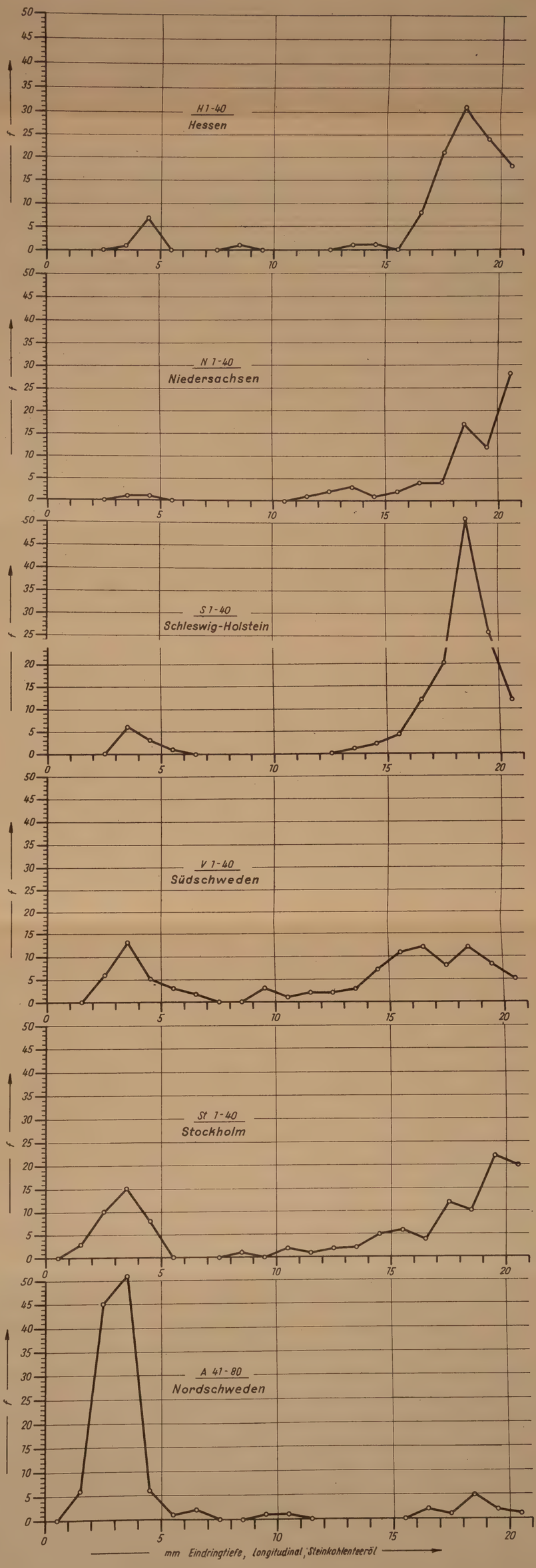
Provenienz	Probenzahl	Mittelwert	Vertrauensbereiche(mm) bei t_{95}	t_{99}	$t_{99,9}$
Nordschweden	123	4,0 mm	± 0,76	± 1,00	± 1,29
Mittelschweden	122	13,0 mm	± 1,28	± 1,69	± 2,18
Südschweden	103	12,5 mm	± 1,20	± 1,60	± 2,04
Schlesw.-Holst.	139	17,0 mm	± 0,60	± 0,80	± 1,04
Niedersachsen	76	18,0 mm	± 0,60	± 0,80	± 1,02
Hessen	113	17,0 mm	± 0,79	± 1,05	± 1,35

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse des Tests auf signifikante Unterschiede in der longitudinalen Eindringtiefe von Steinkohlenteeröl. (g = gesichert, ng = nicht gesichert) Tränkzeit 30 s, Druck 10 kg/cm^2 Temperatur 100°C

	Nord-schwed. $\bar{x}$ = 4,0 mm	Mittel-schwed. $\bar{x}$ = 13,0 mm	Süd-schwed. $\bar{x}$ = 12,5 mm	Schlesw. Holst. $\bar{x}$ = 17,0 mm	Nieder-sachsen $\bar{x}$ = 18,0 mm	Hessen $\bar{x}$ = 17,0 mm
Nordschwed. $\bar{x}$ = 4,0 mm	-.-	g	g	g	g	g
Mittel schweden $\bar{x}$ = 13,0mm	g	-.-	ng	g	g	g
Südschwed. $\bar{x}$ = 12,5mm	g	ng	-.-	g	g	g
Schleswig-Holstein $\bar{x}$ = 17,0mm	g	g	g	-.-	ng	ng
Nieder-sachsen $\bar{x}$ = 18,0mm	g	g	g	ng	-.-	ng
Hessen $\bar{x}$ = 17,0mm	g	g	g	ng	ng	-.-

Daraus geht deutlich hervor, dass die deutschen Provenienzen unter den gewählten Versuchsbedingungen durchweg eine gleich gute Imprägnierung des Splints zeigen (Probendicke 20 mm). Diese Kiefern aus Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Hessen wiesen eine gesichert bessere Tränkfähigkeit auf als die mittel- und südschwedischen Proben, welche gleichwohl noch durchaus gut zu imprägnieren waren, während die hochnordische Kiefer bei der Imprägnierung in Längsrichtung in der gleichen Tränkzeit nur eine geringe Eindringtiefe des Teeröls feststellen liess. Die in Abbildung 6 gezeigten Häufigkeitskurven verdeutlichen diese Ergebnisse. Stichprobeweise Versuche ergaben, dass auch die nordschwedischen Proben bei Verlängerung der Tränkzeit voll imprägniert werden konnten. Hinzuweisen ist darauf, dass die Proben sämtlich aus dem Splint, und zwar nicht aus dem kernnahen Splint, entnommen worden waren, sodass die Ergebnisse keinen Schluss auf die Imprägnierfähigkeit des kernnahen Splints bezw. der von Bellmann vermuteten Kernumwandlungszone gestatten.

Abb. 6 Häufigkeitskurven der Eindringtiefe (mm) für die Provenienzen



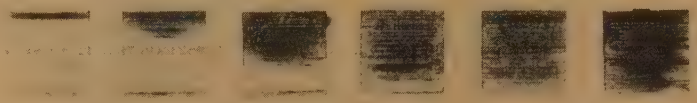
Auffallend war bei den Versuchen die unterschiedliche Gleichmässigkeit in der Tränkfähigkeit der verschiedenen Provenienzen. Die hochnordische Kiefer zeigte durchweg geringe Eindringtiefen, die deutschen Provenienzen ebenso gleichmässig gute Tränkergebnisse.

Der folgende Vergleich zeigt dem gegenüber die wesentlich grössere Streuung der Tränkergebnisse bei mittel- und südschwedischer Kiefer:

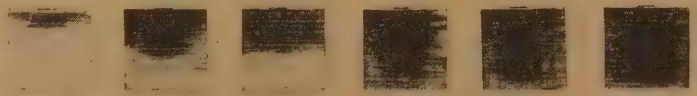
	Nord-schwed.	Mittel-schwed.	Süd-schwed.	Schlesw. Holstein	Nieder-sachsen	Hessen
Mittel-wert	4,o mm	13,o mm	12,5 mm	17,o mm	18,o mm	17,o mm
Proben-zahl N	123	122	103	139	76	113
Streu-ung s^2	18,10	51,20	37,34	13,34	6,88	18,06

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die untersuchten deutschen Kiefern eine gesichert grössere Tränkfähigkeit mit Steinkohlenteeröl (Tränkrichtung longitudinal) besitzen als die schwedischen Kiefern. Innerhalb der nordischen Gruppe waren die südschwedischen und Stockholmer Kiefern deutlich besser imprägnierbar (bei grösserer Streuung) als die nordschwedischen Proben. Diese Tendenz konnten auch die Versuche bei Imprägnierung in Markstrahlrichtung bestätigen, wenn auch die geringere Probenzahl eine statistische Auswertung nicht erlaubte (s.Abschn. 2.2.3.2.).

Die Abbildung 7 zeigt getränkte Proben der verschiedenen Provenienzen. Die gefundenen Unterschiede der Teeröleindringtiefe stellen einen Maßstab für die Wegsamkeit des Holzes für Steinkohlenteeröl dar und sagen aus, dass deutsches Kiefernholz dem Eindringen des Schutzmittels geringeren Widerstand entgegensetzt als das weniger wegsame nordische, vor allem das hochnordische Holz. Die Diskussion der Ergebnisse und der Vergleich mit den Angaben in der Literatur, die zu dieser Frage vorliegen, erfolgt im Abschnitt 2.3.



RADIALE TRÄNKUNG NIEDERSÄCHSISCHER KIEFER IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TRÄNKZEIT. PROBENDICKE = 20 MM TRÄNKDAUER 4, 6, 10, 14, 18, 20, MINUTEN STEINKOHLENTEERÖL 100°C TEMPERATUR. 10 KG/CM² DRUCK.



NORD-SCHWEDEN | MITTEL-SCHWEDEN | SÜD-SCHWEDEN | SCHLESWIG-HOLSTEIN | NIEDER-SACHSEN | HESSEN

RADIALE TRÄNKUNG IN ABHÄNGIGKEIT VON DER PROVENIENZ. (BEISPIELE) PROBENDICKE = 20 MM. TRÄNKDAUER 30 MINUTEN TEEROL 100°C TEMPERATUR. 10 KG/CM² DRUCK.

NORDSCHWEDEN | MITTELSCHWEDEN | SÜDSCHWEDEN

SCHLESWIG-HOLSTEIN | NIEDERSACHSEN | HESSEN

AXIALE TRÄNKUNG IN ABHÄNGIGKEIT VON DER PROVENIENZ. (BEISPIELE) PROBENDICKE = 20 MM. TRÄNKDAUER 30 SEKUNDEN. STEINKOHLENTEERÖL 100°C TEMPERATUR 10 KG/CM² DRUCK.

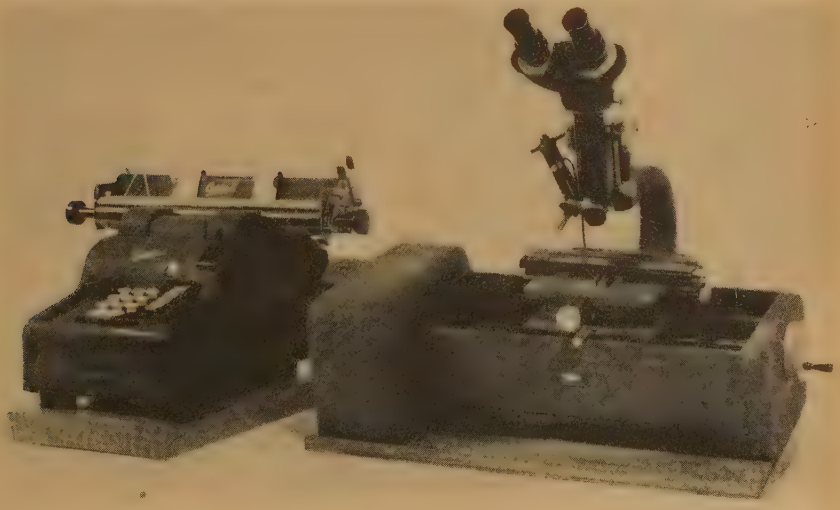
ABB. 7 BEISPIELE DER IN DER MITTE AUFGESPALTENEN TRÄNKKÖTZCHEN. TRÄNKRICHTUNG RADIAL UND AXIAL.

Zunächst wurde zur Ergründung der Ursachen für die gefundenen Tatsachen der Holzaufbau des Versuchsmaterials (Jahrringbau, Splintbreite, Markstrahlanteil) näher untersucht.

2.2.4. Untersuchung der Jahrringbreite des Spätholzanteils und der Splintbreite

2.2.4.1. Versuchsdurchführung

Die Splintholzscheiben 5 x 20 x 20 mm wurden glatt geschliffen und in der bekannten Jahrring-Messmaschine n.Eklund mit einer Messgenauigkeit von 0,01 mm ausgemessen. An dieser Stelle danke ich Herrn Prof. Dr. Lötzsch, Abteilung für Waldinventur des Instituts für Weltforstwirtschaft der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, der das Jahrring-Messgerät (Abbildung 8) freundlicherweise zur Verfügung stellte, sowie Herrn Dr. E. Haller, Dipl. Holzwirt U. Siuts und Rev.Förster E. Prelle für die sorgfältige Durchführung der Jahrringmessungen. Bei dem Messgerät wurde die eingespannte Scheibe automatisch unter einem Mikroskop fortbewegt, sodass der Beobachter sich völlig auf die Messung der Spätholz- und Frühholzgrenze konzentrieren konnte. Die ausgemessene Strecke jedes Jahresringes bezw. Jahrringteils wurde durch ein gekoppeltes Zählwerk auf 1/100 mm genau auf Meßstreifen aufgeschrieben. Abb. 8



2.2.4.2. Messergebnisse und Auswertung

Insgesamt wurden 1937 Splintscheiben von ca. 20 mm Breite von aussen nach innen ausgemessen und für jeden Meßstreifen die mittlere Jahrringbreite und der mittlere Spätholzanteil ausgerechnet. Dann wurden für jeden Stamm (insgesamt 235) aus den verschiedenen Meßstreifen das arithmetische Mittel und die Streuung nach der Formel

$$s^2 = \frac{1}{n} \left(\sum x^2 - \bar{x} \sum x \right)$$ ermittelt.

Die weitere Auswertung erfolgte getrennt nach Provenienzen in der Form, dass für jeden Standort der Durchschnitt der Jahrring-Spätholz- und Frühholzbreite mit Streuung errechnet wurde und nach Linder (1951 (126)) durch einfache Streuungszerlegung auf signifikante Unterschiede in der Spätholz- und Frühholzbreite geprüft wurde. Im folgenden sind die Ergebnisse zusammengestellt. (Ausführlicher Rechnungsgang siehe Anhang)

Messergebnisse der Jahrringbreite, Spätholz- und Frühholzbreite

Provenienz	Nord-schwed.	Mittel-schwed.	Süd-schwed.	Schlesw. Holstein	Nieder-sachsen	Hessen
Untersuchte Stammzahl N	39	39	39	4o	4o	38
Zahl der ausgemessenen Proben	236	323	292	377	338	371
Jahrringbreite (mm) Mittelwert	o,85o	1,o92	o,8o3	o,726	1,316	1,1o4
Spätholzbreite (mm) Mittelwert	o,235	o,327	o,265	o,254	o,459	o,491
Vertrauensbereich	±	±	±	±	±	±
t_{95}	o,o58	o,o54	o,o45	o,o45	o,o88	o,o93
t_{99}	o,o77	o,o73	o,o59	o,o61	o,1o7	1,111
$t_{99,9}$	o,1o2	o,o96	o,o78	o,o79	o,14o	o,146
Frühholzbreite(mm) Mittelwert	o,615	o,765	o,538	o,472	o,857	o,613
Vertrauensbereich	±	±	±	±	±	±
t_{95}	o,1o7	o,o9o	o,o73	o,o61	o,1o8	o,o67
t_{99}	o,144	o,121	o,o98	o,o81	o,144	o,o89
$t_{99,9}$	o,189	o,159	o,129	o,1o6	o,19o	o,118
Spätholzanteil %	27.7	29.9	33.o	35.o	34.9	44.5

Die folgende Tabelle zeigt den Vergleich der Testergebnisse auf Mittelwertunterschiede nach der Spätholzbreite. (g = gesichert, ng = nicht gesichert) Die Provenienzen sind durch folgende Buchstaben bezeichnet:

A = Nordschweden (Älvsbyn)
St = Mittelschweden (Stockholm)
V = Südschweden (Växjö)
S = Schleswig - Holstein (Rantzau)
N = Niedersachsen (Gartow)
H = Hessen (Mörfelden)

	A o,235	St o,327	V o,265	S o,254	N o,459	H o,491
A o,235	-.-	g	ng	ng	g	g
St o,327	g	-.-	ng	g	g	g
V o,265	ng	ng	-.-	ng	g	g
S o,254	ng	g	ng	-.-	g	g
N o,459	g	g	g	g	-.-	ng
H o,491	g	g	g	g	ng	-.-

Während die schwedischen Provenienzen und die schleswig-holsteinische Kiefer in der Spätholzbreite im gleichen Rahmen liegen, wobei lediglich die Stockholmer Kiefer breiteres Spätholz aufweist, zeigen die untersuchten hessischen und niedersächsischen Kiefern eine deutlich höhere Spätholzbreite.
Der Test auf Mittelwertunterschiede in der Frühholzbreite hatte folgendes Ergebnis:

	A 0,615	St 0,765	V o,538	S 0,472	N 0,857	H 0,613
A 0,615	-.-	g	ng	g	g	ng
St 0,765	g	-.-	g	g	ng	g
V 0,538	ng	g	-.-	ng	g	ng
S 0,472	g	g	ng	-.-	g	g
N 0,857	g	ng	g	g	-.-	g
H o,613	ng	g	ng	g	g	-.-

In der Frühholzbreite werden merkwürdigerweise keine klaren Tendenzen erkennbar, denn hier liegen Schleswig-Holstein und Südschweden mit besonders schmalem Frühholz in einem Rahmen, dann folgen Nordschweden und Hessen (!), während die niedersächsische und die Stockholm-Kiefer sich durch breites Frühholz auszeichnen.

Diese Ergebnisse werden durch die Abbildungen 8 bis 13 weiter veranschaulicht. Schmalringig waren die Provenienzen Nordschweden, Südschweden und Schleswig-Holstein, während Mittelschweden und Hessen etwa gleiche, etwas grössere Jahrringbreite aufwiesen und die niedersächsische Kiefer die breitesten Jahrringe hatte. Die Engringigkeit der schleswig-holsteinischen Probestämme mag darauf zurückzuführen sein, dass der Bestand wahrscheinlich auf schwedischen Samen nicht näher bestimmter Herkunft zurückgeht. Die Stockholmer Kiefer, die als charakteristisch für das Ostküstgebiet ausgewählt wurde, fiel im Vergleich zur Lapplandkiefer und auch zur südschwedischen Kiefer schon im äusseren Erscheinungsbild durch gröberen Bau auf. Im prozentualen Spätholzanteil zeichnet sich eine steigende Tendenz von Norden nach Süden mit gesichertem Unterschied zwischen der Lapplandkiefer und den deutschen Kiefern, namentlich der hessischen, ab.

Abb. 8 Spätholzbreite-Häufigkeitskurven der verschiedenen Provenienzen

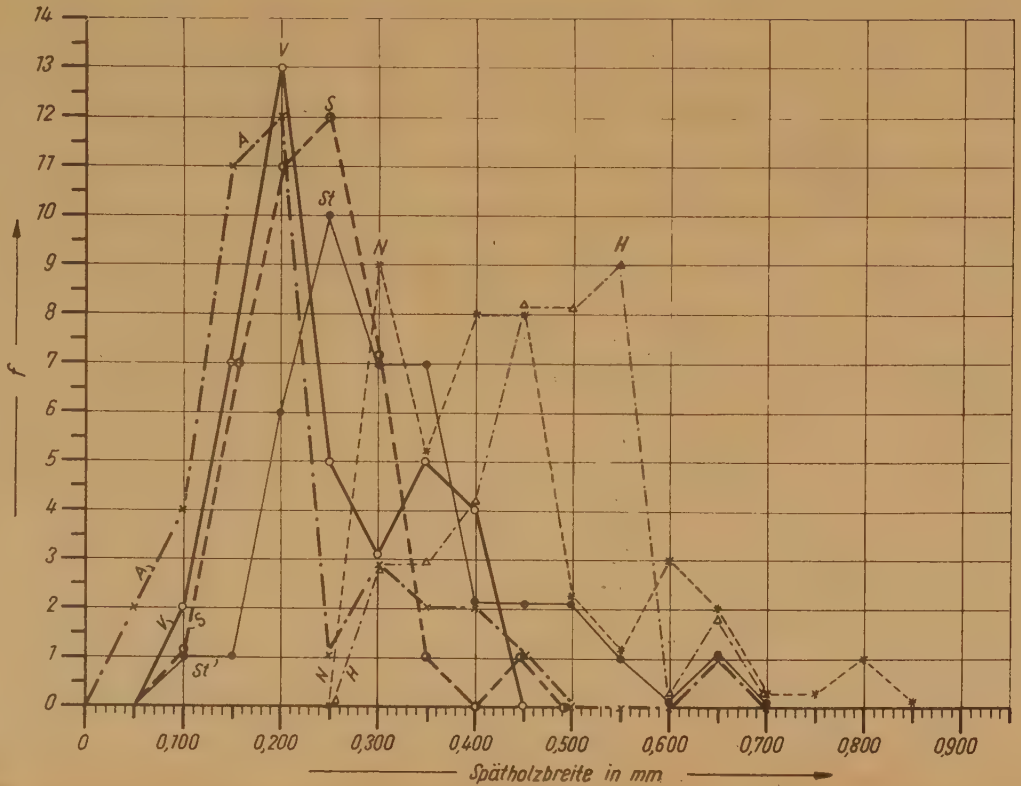
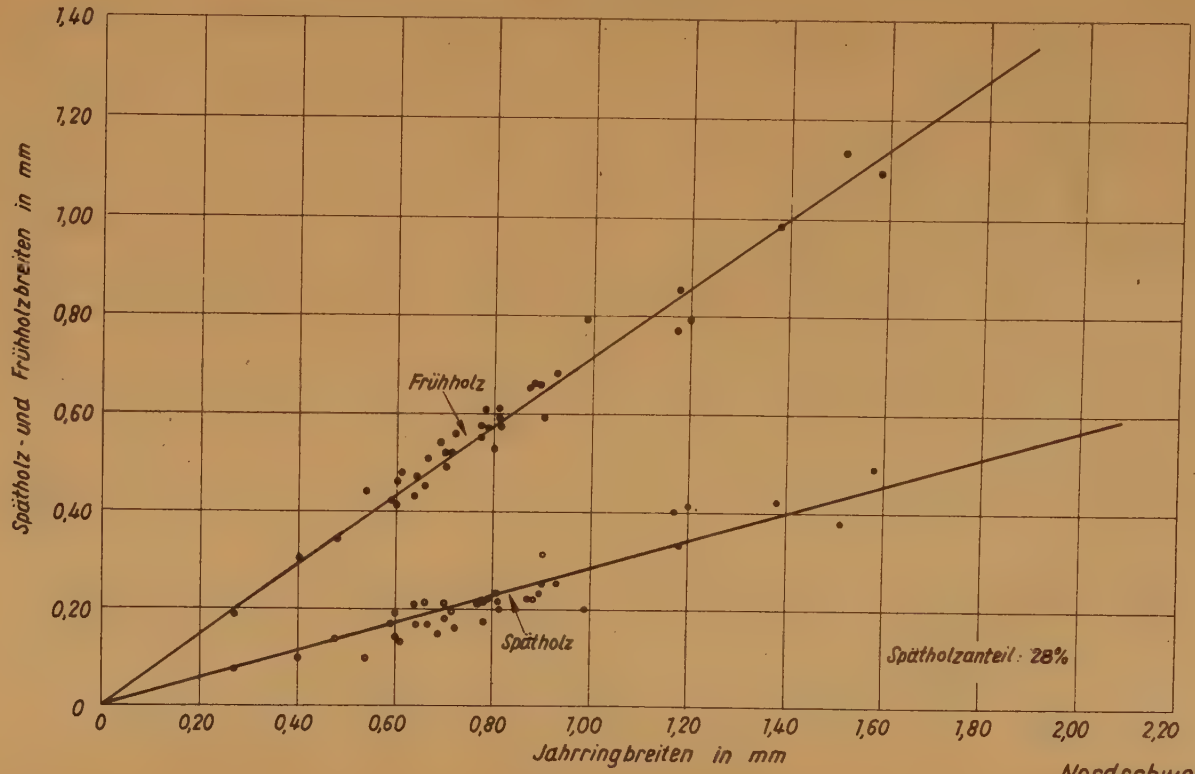
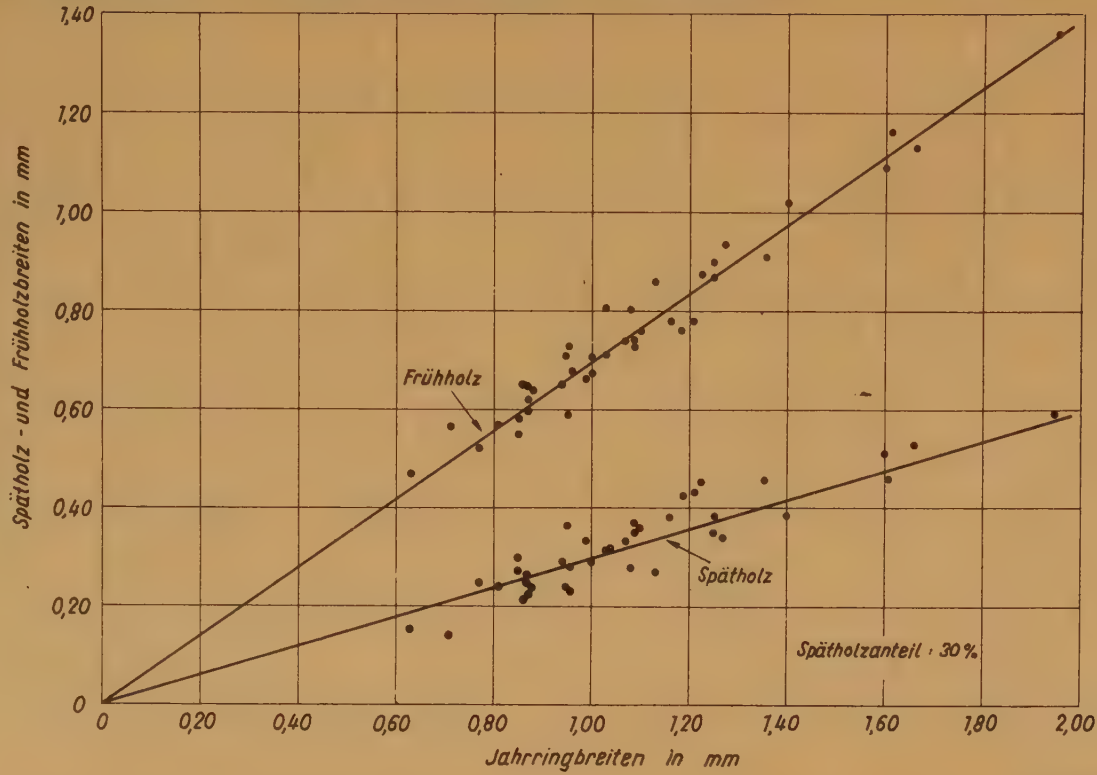


Abb. 9 Spätholz- und Frühholzbreite im Verhältnis zur Jahrringbreite



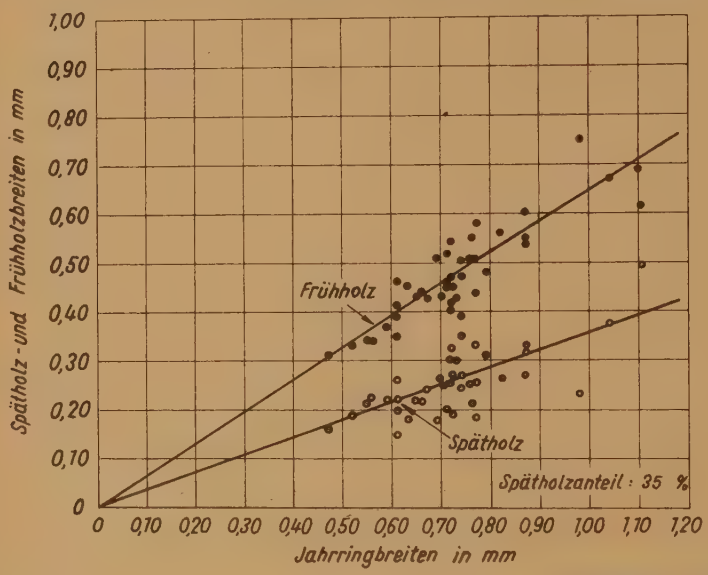
Nordschweden

Abb.10 Spätholz-und Frühholzbreite im Verhältnis zur Jahrringbreite

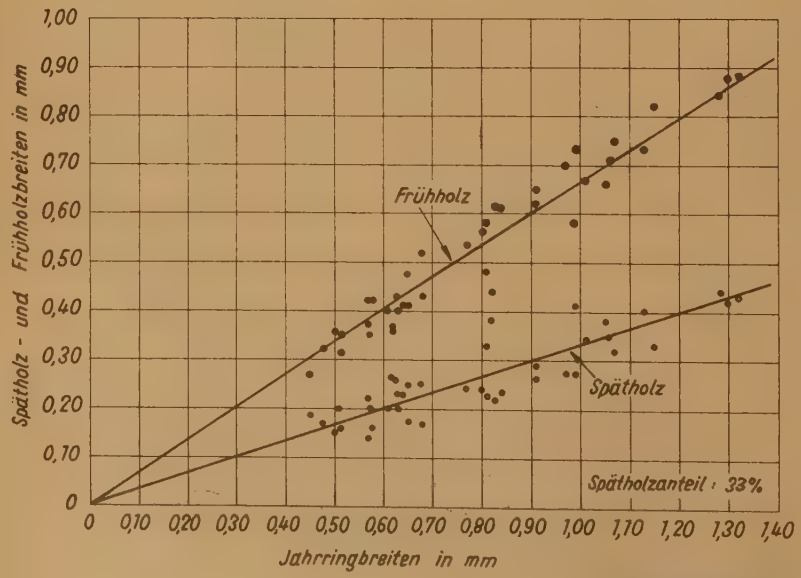


Mittelschweden

Abb. 11 Spätholz- und Frühholzbreite im Verhältnis zur Jahrringbreite



Schleswig - Holstein



Südschweden

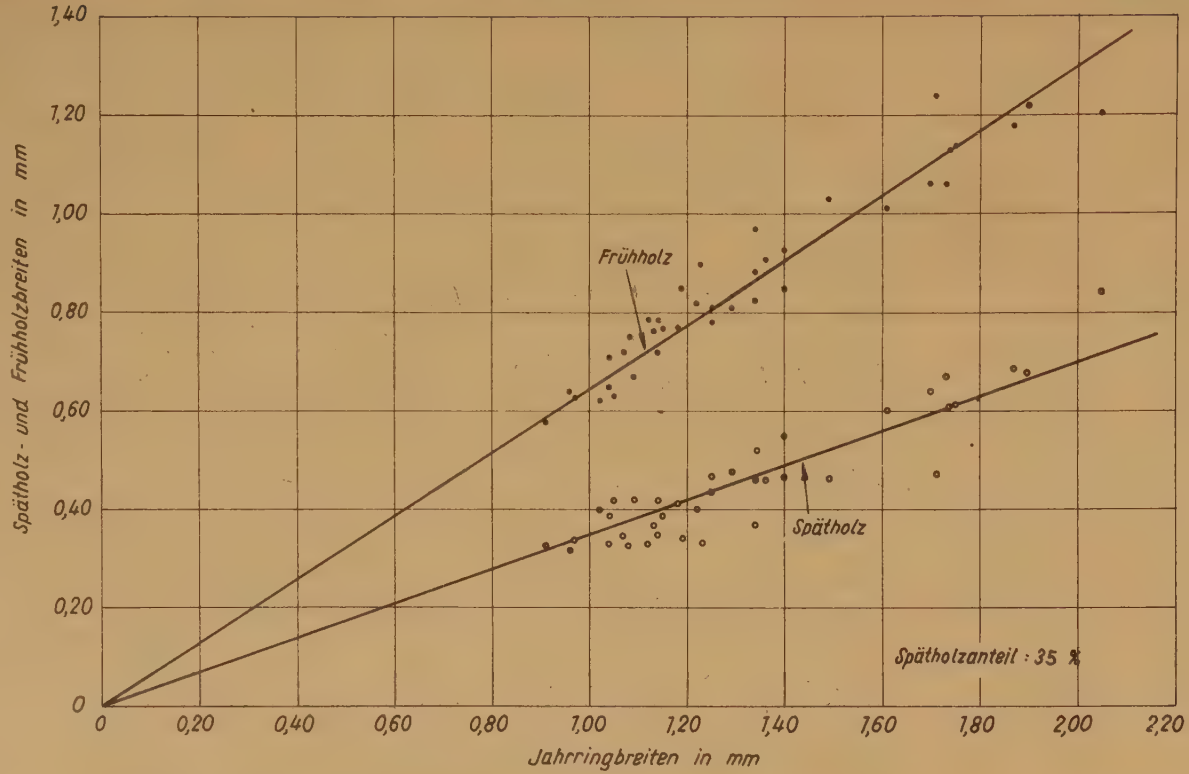
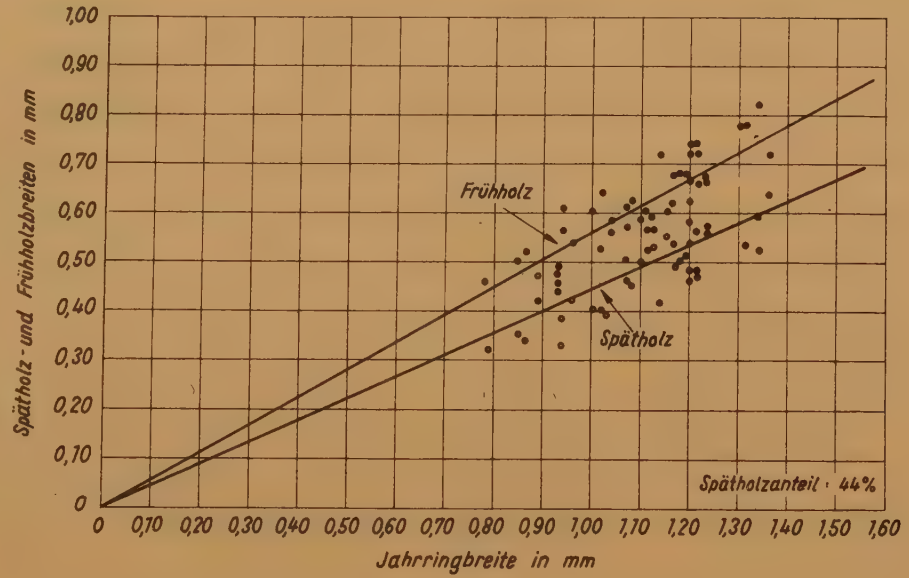


Abb.12 Spätholz-und Frühholzbreite im Verhältnis zur Jahrringbreite

Niedersachsen

Abb. 13 Spätholz- und Frühholzbreite im Verhältnis zur Jahrringbreite



Hessen

Die Splintbreite, die nach A. und E. - A. Buro (29) bei ihren Versuchen mit Pressluft die Eindringgeschwindigkeit beeinflusst, hatte für die hier untersuchten Provenienzen folgende Mittelwerte:

	Nord-schwed.	Mittel-schwed.	Süd-schwed.	Schlesw. Holstein	Nieder-sachsen	Hessen
Splintbreite (mm)	42,4	44,4	34,2	4o,2	44,o	36,2

Die Streuungszerlegung und Prüfung auf signifikante Unterschiede ergab, dass die Abweichungen der mittelwerte voneinander nicht gesichert sind. Das bedeutet, dass die hier untersuchten Stämme verschiedener Provenienzen keine charakteristischen Unterschiede der Splintbreite aufwiesen. Während die Mess - ergebnisse der Jahrringbreite, des Spätholz- und Frühholzanteils am Gesamtkollektiv von 1937 Splintproben gewonnen wurden, wurden die Tränkversuche wie auch die folgenden Untersuchungen des Markstrahlanteils und der Druckfestigkeit an einem Teilkollektiv durchgeführt, das systematisch dahingehend ausgewählt wurde, dass der Jahrringaufbau weitgehend den Mittelwerten des Gesamtkollektivs entsprechen sollte. Die folgende Übersicht kennzeichnet die Struktur dieses Teilkollektivs:

Provenienz	Nord-schwed. A	Mittel-schwed. St	Süd-schwed. V	Schlesw. Holstein S	Nieder-sachsen N	Hessen H
1) Probenzahl N	35	35	35	37	35	35
2) Mittl. Spätholzbreite (mm)	o,221	o,336	o,251	o,258	o,447	o,493
3) Streuung s	o,o87	o,o35	o,o45	o,o22	o,o49	o,o35
4) Mittl. Frühholzbreite (mm)	o,6o5	o,756	o,548	o,471	o,846	o,628
5) Streuung s	o,o35	o,o25	o,o55	o,o25	o,o33	o,o67
6) Mittl. Jahrringbreite (mm)	o,826	1,o92	o,799	o,739	1,293	1,121
7) Spätholzanteil %	27	31	31,4	35	35	44

Das Teilkollektiv umfasste 212 Probestäbe, bei deren Aufbereitung zu den Proben für die Bestimmung von Tränkbarkeit, Markstrahlanteil und Druckfestigkeit irgendwie fehlerhaftes Material verworfen wurde.

2.2.5. Untersuchung des Markstrahlanteils

2.2.5.1. Versuchsdurchführung

Der Anteil der Gewebeelemente am Holzkörper der Kiefer streut um gewisse Mittelwerte, die in der Literatur mit 91 - 95% (Trendelenburg 1939) bezw. 93,1% (Huber und Prütz 1938) für Tracheiden, 5 - 8% (Trendelenburg)für Markstrahlen oder 1,4% für Markstrahlparenchym und 5,5% für Markstrahltracheiden (Huber und Prütz) angegeben werden. Unterschiede im anatomischen Bau der Markstrahlen wurden sogar zur unterscheidung von Kiefern-Unterarten herangezogen (Cajander, 1921). Da die Markstrahlen als Tränkwege in radialer Richtung sowie für die Verteilung der Schutzflüssigkeit eine Rolle spielen, sollte untersucht werden, ob die ausgewählten Kiefernprovenienzen signifikante Unterschiede im Markstrahlanteil aufwiesen. Von jedem Probestab des Teilkollektivs war eine Scheibe von 21 x 21 mm abgeschnitten worden, die jeweils auf einer Hirnfläche mit der Kennziffer des Probestabes bezeichnet wurde, während die andere Hirnfläche sorgfältig geschliffen wurde und der Ermittlung des Tracheiden- bezw. Markstrahlanteils diente. Die Untersuchungen wurden mit einem Zeiss-Winkel Standard-Mikroskop, 500fache Vergrösserung im Auflichtverfahren, unter Verwendung des Leitz - Integrationstisches durchgeführt (Abbildung 14). Das Mikroskop mit Integrationstisch wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bad Godesberg, zur Verfügung gestellt, wofür auch an dieser Stelle herzlich gedankt werden soll.

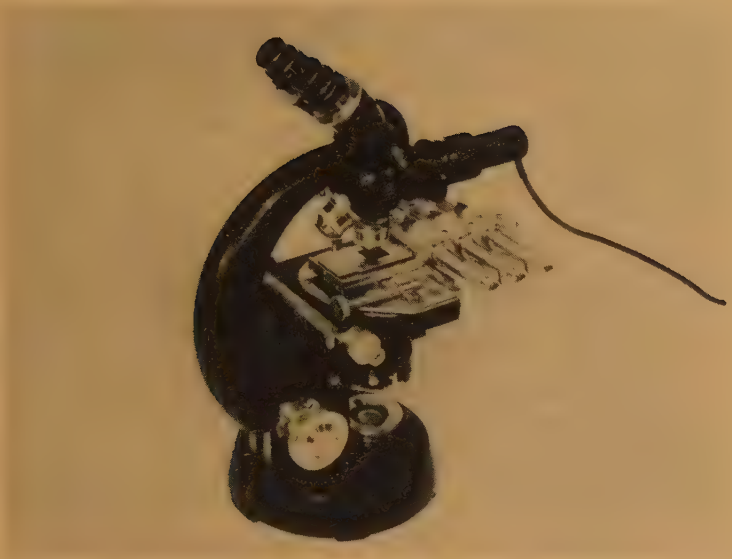


Abb. 14 Standard-Mikroskop mit Leitz - Integrationstisch

Jede Probe wurde in 4 Messlinien vom Aussensplint zum Innensplint tangential ausgemessen, wobei die Meßspindeln 1,3 und 5 die Meßstrecke "Tracheiden" addierten und die Spindel 2 die Meßstrecke "Markstrahlen". Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Messung der Markstrahlen jeweils Markstrahltracheiden + Markstrahlparenchym umfasste. Insgesamt wurden 208 Proben in je 4 Messreihen (Abstand vom Probenrand 2,5; 7,5; 12,5; 17,5 mm) ausgemessen. Der Markstrahlanteil wurde nicht für jede Messlinie einzeln, sondern für die Summe der vier Messreihen je Probe errechnet.

2.2.5.2. Messergebnisse

Die Ergebnisse wurden nach den gleichen mathematisch-statistischen Verfahren ausgewertet, die auch schon bei den Jahrringuntersuchungen angewendet worden waren; der ausführliche Rechnungsgang ist im Anhang dargelegt.

Messergebnisse (4 Messungen je Probe) an Fasertracheiden und Markstrahlen (cm), Markstrahlanteil %

Provenienz	Nord-schwed. A	Mittel-schwed. St	Süd-schwed. V	Schlesw. Holstein S	Nieder-sachsen N	Hessen H
Probenzahl	34	35	34	38	33	34
Mittelwert Fasertracheiden (cm)	6,776	6,556	6,688	6,645	6,592	6,685
Vertrauens-bereich	±	±	±	±	±	±
t_{95}	0,108	0,108	0,117	0,077	0,071	0,072
t_{99}	0,145	0,146	0,157	0,102	0,095	0,096
$t_{99,9}$	0,192	0,192	0,207	0,135	0,126	0,127
Mittelwert Markstrahlen (cm)	1,142	1,385	1,244	1,265	1,321	1,218
Vertrauens-bereich	±	±	±	±	±	±
t_{95}	0,084	0,125	0,126	0,077	0,100	0,104
t_{99}	0,114	0,168	0,169	0,103	0,135	0,140
$t_{99,9}$	0,150	0,221	0,223	0,135	0,178	0,185
Markstrahl-anteil (%)	14,4	17,4	15,7	16,0	16,7	15,4

Die gefundenen Markstrahlanteile liegen in den Mittelwerten in einem relativ schmalen Rahmen zwischen 14,41% und 17,39%. Wohlgemerkt handelt es sich bei den ermittelten Werten um reine Flächenanteile, sodass die Zahlen nicht unmittelbar mit den unter 2.2.5.2. genannten Werten aus der Literatur (Volumenanteile) verglichen werden können. Bei den vorliegenden Untersuchungen kam es auf die Ermittlung etwaiger Unterschiede und nicht der absoluten Werte an, wenn auch Wert darauf gelegt wurde, dass durch die Verwendung von Auflicht nur die Markstrahlen in einer Ebene gezählt wurden. Die Prüfung auf

signifikante Unterschiede ergab, dass nur der höhere Markstrahlanteil der mittelschwedischen (17,39%) und niedersächsischen Kiefer (16,68%) gegenüber Nordschweden (14,41%) mit einer Sicherheit zwischen p = 0,01 und p = 0,001 festgestellt werden konnte, während die anderen Mittelwertsunterschiede zufällig waren.

2.2.6. Druckfestigkeitsuntersuchungen

Im Hinblick auf die mechanische Beanspruchung von Kiefernmasten wurde schliesslich noch die Längsdruckfestigkeit untersucht. Da die Druckfestigkeit andererseits stark von den inneren Holzeigenschaften (vor allem von Rohwichte und Spätholzanteil) abhängt, konnte durch Ermittlung der Druckfestigkeit über diese Eigenschaften der Provenienzen, die auch für die Tränkfähigkeit von Bedeutung sind, das Bild abgerundet werden.

2.2.6.1. Versuchsdurchführung

Nach DIN 52 185 wurde an 212 fehlerfreien Proben mit den Abmessungen 20 x 20 x 31 mm die Druckfestigkeit parallel zur Faser untersucht. Durchgeführt wurden die Untersuchungen im Staatlichen Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen, Dortmund-Aplerbeck, an einer Losenhausenwerk - Druckprüfmaschine, 5 000 kg Kraftbereich. Die Bruchlast wurde auf 5 kg genau abgelesen. Proben, die im Faserverlauf nicht ganz einwandfrei erschienen, wurden verworfen.

2.2.6.2. Messergebnisse

Aus der Ergebnissen für die Bruchlast der einzelnen Prüfungsklötze wurde die Druckfestigkeit in kg/cm^2 errechnet und mathematisch - statistisch ausgewertet. (s. Anhang)

Mittelwerte der Druckfestigkeit (kg/cm^2) längs zur Faser (Splintholz)

Provenienz	Nord-schwed. A	Mittel-schwed. N	Süd-schwed. St	Schlesw. Holstein S	Nieder-sachsen N	Hessen H
Probenzahl	35	35	35	37	35	35
Mittelwert Druckfestigkeit (kg/cm^2)	483,8	557,4	581,0	521,3	513,5	578,5
Vertrauensbereich	±	±	±	±	±	±
t_{95}	18,3	26,1	19,1	18,1	20,0	21,5
t_{99}	24,6	35,1	25,7	24,3	26,8	28,8
$t_{99,9}$	32,4	46,3	35,8	31,9	35,4	38,1

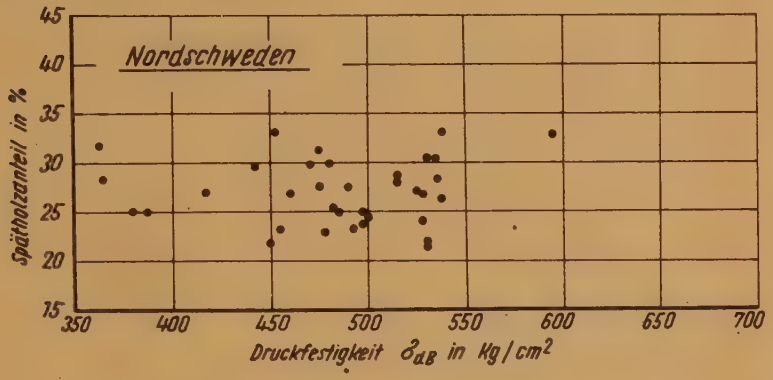
Die Ergebnisse der Streuungszerlegung und der Prüfung auf signifikante Unterschiede sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst (g = gesichert, ng = nicht gesichert):

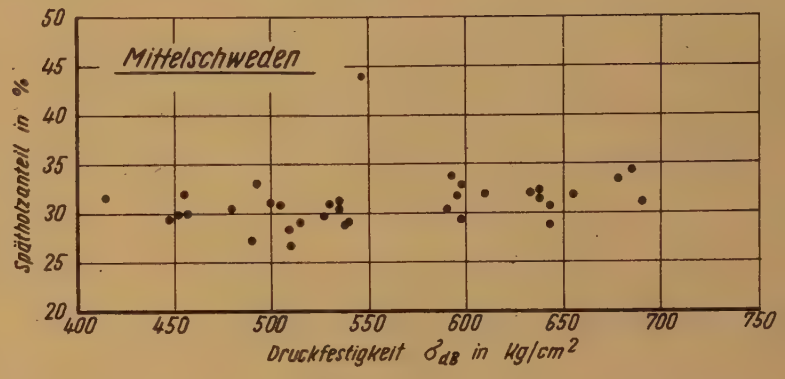
	Nord-schwed. 483,8	Mittel-schwed. 557,4	Süd-schwed. 581,0	Schlesw. Holstein 521,3	Nieder-sachsen 513,5	Hessen 578,5
Nord-schweden 483,8	-.-	g	g	(g)	ng	g
Mittel-schweden 557,4	g	-.-	ng	ng	(g)	ng
Südschweden 581,0	g	ng	-.-	g	g	ng
Schleswig Holstein 521,3	(g)	ng	g	-.-	ng	g
Nieder-sachsen 513,5	ng	(g)	g	ng	-.-	g
Hessen 578,5	g	ng	ng	g	g	-.-

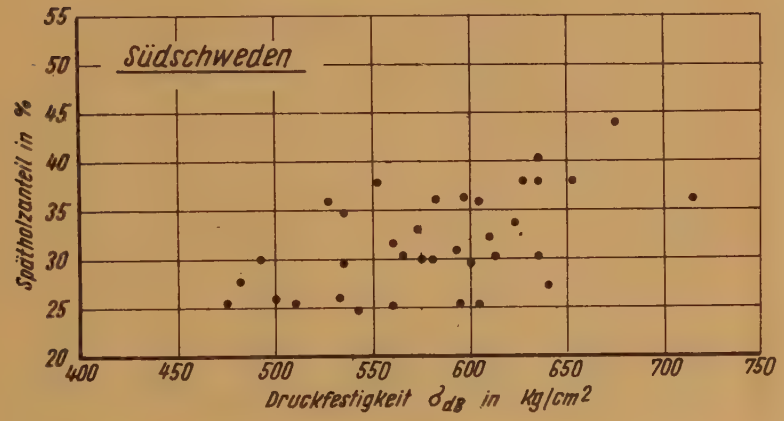
Daraus geht hervor, dass die Druckfestigkeit der untersuchten nordschwedischen Proben deutlich geringer war als bei dem Kiefernholz aus Mittelschweden, Südschweden, Schleswig-Holstein und Hessen. Dagegen liess sich der etwas höhere Mittelwert des niedersächsischen Holzes gegenüber Nordschweden nicht völlig sichern, wenn der gefundene t - Wert (zwischen $t_{0,05}$ und $t_{0,01}$) auch darauf hindeutet , dass der Unterschied bei Erhöhung der Probenzahl nach "gesichert" strebt. Innerhalb Schwedens nahm die Druckfestigkeit von Süden nach Norden ab (581,0 kg/cm^2 - - - 557,4 kg/cm^2 - - - 483,8 kg/cm^2). Dabei waren die Unterschiede gegenüber der nordschwedischen Kiefer gesichert, zwischen der süd- und mittelschwedischen dagegen nicht.

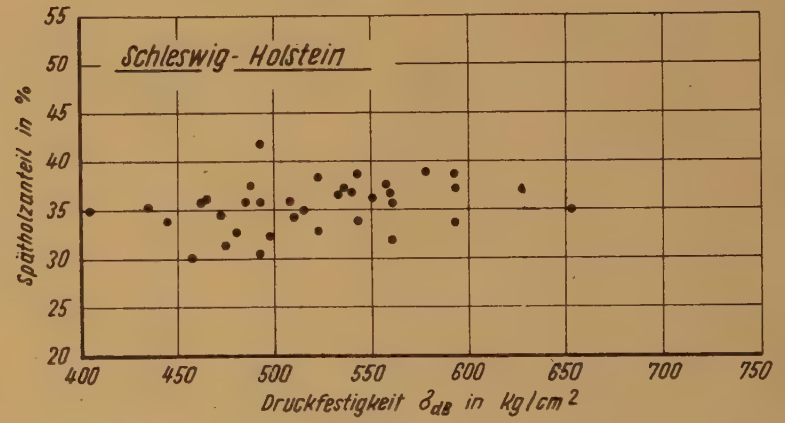
Bei den deutschen Kiefern wurde kein Zusammenhang zwischen der Druckfestigkeit und der geographischen Breite gefunden. Vielmehr lagen die Werte für Mittelschweden, Südschweden und Hessen in der gleichen Grössenordnung, ohne dass sich die Unterschiede statistisch sichern liessen, während die untersuchten niedersächsischen und schleswig - holsteinischen Kiefern eine einwandfrei geringere Druckfestigkeit hatten, die allerdings noch über der des hochnordischen Holzes lag.Die Ergebnisse der Druckfestigkeitsuntersuchungen zeigten nur eine schwache Korrelation zwischen dem Spätholzanteil und der Druckfestigkeit jeder Gruppe (s.Abbildung 15). Die Begründung dafür liegt darin, dass die Proben jeweils dem Teilkollektiv mit durchschnittlichem Jahrringbau entstammten.

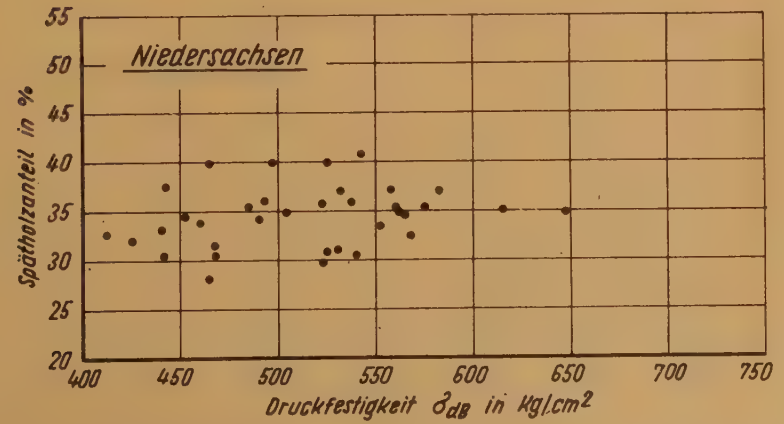
Abb. 15 Abhängigkeit der Druckfestigkeit vom Spätholzanteil.

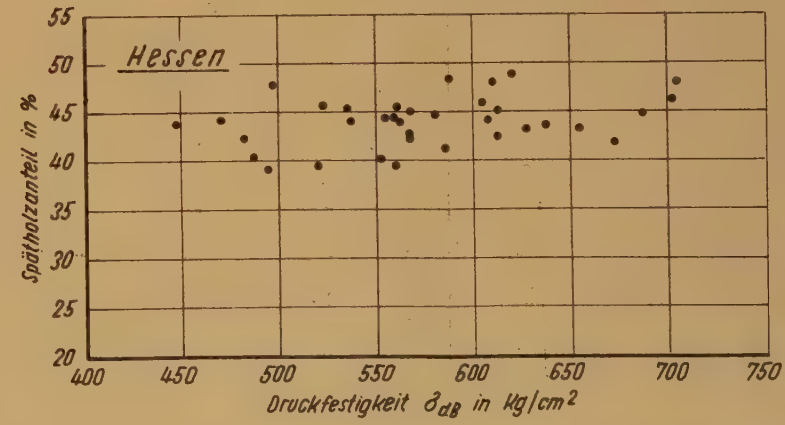












2.3. Diskussion aller Ergebnisse

Die durchgeführten Tränkversuche haben an schwedischen und deutschen Kiefern bei radialer Tränkung qualitativ und bei axialer Tränkung statistisch gesichert nachgewiesen, dass das schwedische Kiefernholz eine geringere Tränkfähigkeit des Splints mit Teeröl aufweist als das deutsche. Die hessischen, niedersächsischen und schleswig-holsteinischen Provenienzen liessen sich mit 17 - 18 mm durchschnittlicher Eindringtiefe deutlich besser imprägnieren als die mittel- und südschwedische (13 und 12,5 mm) Provenienz, während sich die nordschwedische Kiefer als am wenigsten wegsam erwies. (4 mm Eindringtiefe) .

Damit wurde am Versuchsmaterial exakt bestimmter Herkunft und genügender Probenzahl bestätigt, was die Versuchsergebnisse von Bavendamm und Mitarbeitern, Bellmann, G. Schulz, Demann und A. und E. - A. Buro an nicht näher bestimmtem nordischem Kiefernholz gezeigt hatten. Das Ergebnis steht nicht im Widerspruch zu der von Kollmann und Mitarbeitern gefundenen höheren Teerölaufnahme nordischer Kiefer, denn die Aufnahmemenge stellt ein Maß für die Aufnahmemöglichkeit (Splintbreite,Porenvolumen) dar, die Eindringtiefe dagegen ein Maß für die Wegsamkeit des Splintholzes. Das von Kollmann festgestellte prozentuale Verhältnis der Zahl nichtimprägnierter Splint-Jahrringe zur Zahl aller Splintjahrringe scheint in den Mittelwerten eine geringere Eindringtiefe mittel- und nordschwedischen Holzes gegenüber deutscher Kiefer zu bestätigen, aber dieses Ergebnis kann nicht als eindeutig gewertet werden, da andererseits die Streubreite für deutsches Holz die der nord- und südschwedischen Provenienz übertrifft.

Deutschland 0,0...0,29...7,18%
Südschweden 0,0...0,19...2,85%
Mittelschwed. 0,0...0,80...16,90%
Nordschweden 0,0...0,72...4,94%

Einen Widerspruch zu den Ergebnissen von Kollmann und Mitarbeitern brachten die eigenen Untersuchungen der Splintbreite . Es stellte sich heraus, dass die verschiedenen Herkünfte keine repräsentativen Unterschiede aufwiesen. Der Einfluss der Lage der Proben innerhalb des Splints auf die Tränkfähigkeit wurde nicht untersucht, sondern alle Proben waren gleichmässig aus dem äussersten Splint entnommen.

Bei der Untersuchung der Frage, welche Unterschiede in der anatomischen Struktur des Holzes die Tränkfähigkeit beeinflussen, ergab sich folgendes:

Die J a h r r i n g b r e i t e, die in der Literatur teils für eine bessere, teils für eine schlechtere Tränkfähigkeit des Kiefernholzes allgemein und von Bavendamm und Sczesny speziell für die geringe Schutzmitteleindringung im schwedischen Kiefernholz verantwortlich gemacht wurde, besitzt - wenn überhaupt - eine nur untergeordnete Bedeutung. Zwar war das hochnordische Holz sehr engringig (Teilkollektiv 0,826 mm Jahrringbreite), aber die besser tränkbare südschwedische (0,803 mm) oder gar schleswig-holsteinische Kiefer (0,739 mm) waren noch feinringiger. Auch die Jahrringbreite von Mittelschweden (1,092 mm), Hessen (1,121 mm) und Niedersachsen (1,293 mm) zeigte keinen Einfluss auf die Tränkbarkeit. Zu bemerken ist zu den Mittelwerten der Jahrringbreite, dass nur verhältnismässig geringe Unterschiede zwischen dem untersuchten nordischen und deutschen Holz bestanden. Die Feinringigkeit der schleswig-holsteinischen Proben findet ihre Erklärung darin, dass es sich dabei wahrscheinlich um einen Bestand aus schwedischem Samen handelte, dessen langsames Wachstum erblich veranlagt war. Die Stockholm-Kiefer zeigte dagegen durchaus charakteristisch einen etwas gröberen Jahrringbau. Immerhin hätte aber nach den Angaben in der Literatur ein grösserer Unterschied in der Jahrringbreite nordischer und deutscher Kiefern erwartet werden müssen. Beispielsweise fand Hempel (78) 1931 an hochnordischem Kiefernholz aus Schweden, Finnland und Russland über 65° nördlicher Breite Jahrringbreiten von 0,67...1,4 mm (Kern) und 0,38...0,55 (Splint) gegenüber 2,08 (Kern) und 1,02 (Splint) bei deutscher Kiefer aus Freienwalde/Mark. Andererseits war bei den Provenienzen, die Kollmann und Mitarbeiter (107) 1959 untersuchten, die südschwedische Kiefer gesichert breitringiger als die deutschen Herkünfte, während die ebenfalls grössere Jahrringbreite der mittelschwedischen Kiefer nicht gesichert war. Die Gesamt-Mittelwerte der Jahrringbreite lagen für deutsches Holz mit 1,09 mm sogar unter dem schwedischen mit 1,20 mm.

Der S p ä t h o l z a n t e i l stieg kontinuierlich mit der Herkunft des Holzes von Norden nach Süden an, (28...30...33...35...35...45%); in gleicher Richtung hatte auch die Tränkfähigkeit zugenommen. Daraus geht hervor, dass der Spätholzanteil tatsächlich einen wesentlichen Einfluss auf die Tränkfähigkeit ausübt. Dieser Befund bestätigt die überwiegend in der Literatur vertretene Auffassung von der besseren Wegsamkeit des Spätholzes der Kiefer für Tränkflüssigkeiten (s. die Zusammenstellung von Bellmann 1953 (17)), vor allem wenn man die Tränkfähigkeit im Sinne durchlässiger Tränkwege und rascher Durchdringung von der Aufnahmemöglichkeit (Splintbreite, Porenvolumen) unterscheidet. Der geringere Spätholzanteil nordischer Kiefer ist durch zahlreiche Veröffentlichungen belegt:
J. Liese (117) fand 1928 für Archangelsk-Kiefer 25% und weniger und für Lapplandkiefer sogar nur 20% Spätholz; Hempel (78) ermittelte 1931 im Splint nordischer Kiefer 18,5 bis 24,6% Spätholz gegenüber 34,4% bei deutscher Kiefer; Kollmann und Mitarbeiter (107) gaben 1959 für den Splint der deutschen Kiefern 39,1% an und für Schweden von Süden nach Norden 37,0...33,3...31,7% Spätholz, wobei alle Mittelwertsunterschiede gesichert waren.

Der Zusammenhang zwischen dem Spätholzanteil und der geographischen Breite ergab sich aus dem Vergleich der klimatischen Faktoren. Die hiesige Vegetationsperiode von April bis Ende September verkürzt sich mit steigender nördlicher Breite immer mehr und dauert im hohen Norden nur noch von Mitte Mai bis Ende August, ebenso nimmt die Sonnenenergie nach Norden stark ab. Die Langsamwüchsigkeit und der geringe Spätholzanteil der hochnordischen Kiefer sind neben erblicher Veranlagung auf die Kürze der Vegetationsperiode und auf die geringe Wärme, die für die Assimilation zur Verfügung steht, zurückzuführen.

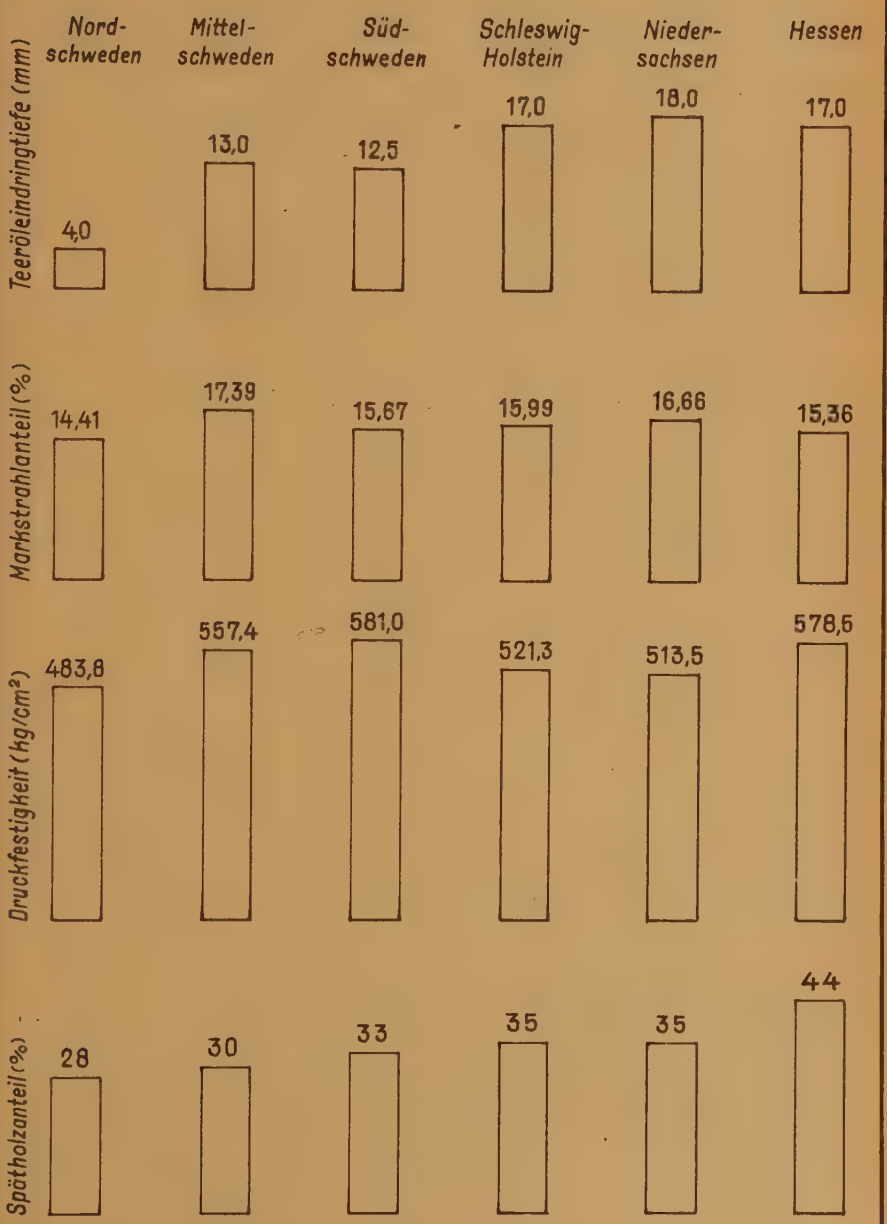
Die schlechte Tränkfähigkeit der nordschwedischen Provenienz fand nicht nur in dem niedrigen Spätholzprozent ihre Begründung, sondern wurde ausserdem durch den geringen M a r k s t r a h l a n t e i l beeinflusst.

Allerdings hängt die Bedeutung der Markstrahlen nicht nur von ihrer Zahl bezw. ihrem Flächenanteil ab, sondern wesentlich von ihrer Wegsamkeit; dadurch wird ihr Einfluss leicht überlagert. Der Flächenanteil der Markstrahlen lag für Nordschweden am niedrigsten; gesichert war das Ergebnis gegenüber Mittelschweden und Niedersachsen.

Die neben der Tränkfähigkeit untersuchte D r u c k f e s t i g k e i t des Splintholzes längs zur Faser steht bekanntlich vor allem mit dem Spätholzanteil und der Rohwichte in Zusammenhang. Das Ergebnis wies für Nordschweden entsprechend dem geringen Spätholzanteil auch die niedrigste Druckfestigkeit aus. Innerhalb Schwedens nahm die Druckfestigkeit von Süden nach Norden ab. Vor allem ist die niedrige Druckfestigkeit des hochnordischen Holzes gegenüber allen anderen Standorten gesichert, die Mittelwerte für Mittelschweden, Südschweden und Hessen lagen in gleicher Grössenordnung über den schleswigholsteinischen und niedersächsischen Kiefern. Daraus geht hervor, dass die Stockholmer und südschwedische Kiefer in ihrer Festigkeit den deutschen Kiefern nicht nachsteht.

Auch Hempel (78) hatte 1931 darauf hingewiesen, dass die Kiefer aus Mittel- und Südschweden sowie Südfinnland nicht besonders engringig zu sein brauche und in ihren Eigenschaften daher der heimischen Kiefer ähnelt. Für hochnordisches Holz lag auch bei seinen Untersuchungen die Druckfestigkeit des Splints mit 429...681 kg/cm^2 unter dem deutschen Holz mit 789 kg/cm^2 . Die Ergebnisse von Kollmann und Mitarbeitern (107) wiesen für die schwedischen Provenienzen durchweg niedrigere Festigkeitseigenschaften bei entsprechend geringerem Wert der Rohwichte und des Spätholzanteils nach. Eine abnehmende Tendenz der Festigkeit innernalb Schwedens von Süden nach Norden liess sich aus den rechnerisch ermittelten Gesamtwerten für Kern + Splint ablesen, aber die Mittelwerte für Kern oder Splint zeigten diese Tendenz keineswegs deutlich. Die Druckfestigkeit des Splints lag für Mittelschweden geringfügig über Südschweden, beim Kernholz war es umgekehrt. Das nordschwedische Kernholz übertraf die beiden anderen Standorte nicht nur in der Druckfestigkeit, sondern auch in der Biegefestigkeit und im E-Modul.

Abb.16 Vergleich der untersuchten Provenienzen



Wahrscheinlich war das Versuchsmaterial, das bei diesen Untersuchungen von 30 verschiedenen Standorten stammte, zu inhomogen. Immerhin kann aber kein Zweifel daran bestehen, dass der Spätholzanteil und die Rohwichte und damit auch die Festigkeit des Holzes in Schweden niedriger liegt als beim deutschen Holz. Trendelenburg und Mayer - Wegelin (218) haben 1955 die Variation der Rohwichte innerhalb des Verbreitungsgebietes der Kiefer dadurch gekennzeichnet, dass die Rohwichte von Süden nach Norden und mit steigender Höhenlage von 0,49 - 0,51 g/cm^3 auf 0.40 - o,43 g/cm^3 abnimmt.

Zusammenfassend zeigt Abbildung 16 die in der vorliegenden Arbeit erzielten Ergebnisse (Mittelwerte) für Teeröleindringtiefe, Markstrahlanteil, Druckfestigkeit und Spätholzanteil im Vergleich der untersuchten Provenienzen.

2.4. Untersuchung der Frage, ob das Probenmaterial für die nordischen und deutschen Provenienzen repräsentativ war

Der Aussagewert vergleichender Untersuchungen über die Eigenschaften verschiedener Provenienzen hängt entscheidend davon ab, ob die ausgewählten Stichproben für die Gesamtkollektive als repräsentativ gelten können. Die Versuchsergebnisse, die bisher zur Frage der Tränkfähigkeit nordischer und deutscher Masten vorgelegt wurden, wurden an wenigen Proben gewonnen, und die Herkunft des Materials war nicht exakt bestimmt worden. Dadurch konnten die festgestellten Unterschiede weder statistisch gesichert noch für die nordischen bezw. deutschen Provenienzen als repräsentativ bezeichnet werden. Sogar die vergleichenden Untersuchungen an Kiefernholz für Masten schwedischer und deutscher Herkunft von Kollmann und Mitarbeitern, die an einem ausreichend grossen Stichprobenkollektiv bestimmter Provenienz durchgeführt worden waren, wurden von schwedischer Seite in ihrem Aussagewert bezweifelt, weil die Auswahl des Versuchsmaterials nicht der praxisüblichen Beschaffung von Mastenholz entsprach. Soweit aus den Untersuchungsergebnissen Rückschlüsse auf die Eignung deutscher und schwedischer Kiefernmasten gezogen wurden, konnte dieser Einwand geltend gemacht werden. Bei Untersuchungen über den Einfluss der Provenienz

auf die Tränkfähigkeit nordischen und deutschen Holzes steht dagegen nicht im Vordergrund die Frage, ob das Probenmaterial für die Verwendung des Holzes zu Leitungsmasten repräsentativ war, sondern vielmehr die Frage, ob die Stichproben nach forstlichen Gesichtspunkten die Provenienzen nord-, mittel- und südschwedischer sowie schleswig-holsteinischer, niedersächsischer und deutscher Kiefer nach Standort und Wuchsgebiet repräsentieren konnten. Ausschlaggebend war, dass Standort und Wuchsgebiet im Zusammenwirken von Erbanlage (Kiefernrasse), Umwelteinflüssen (Boden, Klima), physiologischen und mechanischen Einwirkungen (Alter, Stammform, Stellung im Bestand) Unterschiede in den Holzeigenschaften verursachen. (Trendelenburg, Mayer - Wegelin 1955 (218)).

Innerhalb des grossen Verbreitungsgebietes der Kiefer variieren die Umwelteinflüsse so erheblich, dass für das Gedeihen der Kiefer neben ihrer Anspruchslosigkeit an den Boden und ihrer bekannten Plastizität (Weck 1948 (231)) verschiedene Rassen gebildet und über lange Zeiträume selektiv an die Umweltsbedingungen angepasst wurden. Über die Kiefernrassen sind zahlreiche Arbeiten seit Mitte vorigen Jahrhunderts veröffentlicht worden, über die vor allem Schott (187) 1904, Langlet (112) 1934, (114) 1936, Rohmeder und Schönbach (171) 1959 einen Überblick gegeben haben. Nur auf ihre Arbeiten soll hier verwiesen werden, obgleich das gesamte Schrifttum (s.Literaturverzeichnis) durchgearbeitet wurde.

Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Provenienzen umfassten folgende erblich verschiedenen geographischen Standortsrassen:

Lapplandkiefer, Nordschweden (Pinus sylvestris lapponica, Schott)

Stockholmkiefer, mittelschwedisches Ostküstgebiet

Südschwedische Kiefer (Pinus sylvestris septentrionalis, Schott)

Schleswig-Holsteinische Kiefer (Forstamt Rantzau), Aufforstung mit südschwedischem Samen

Niedersächsische Kiefer (Forstamt Gartow), norddeutsche Tieflandskiefer

Hessische Kiefer (Forstamt Mörfelden), südwestdeutsche Tieflandskiefer.

Die ausgewählten Bestände waren autochthon bis auf die schleswig-holsteinische Kiefer, die aber für das schleswig-holsteinische Kiefernvorkommen als repräsentativ gelten kann, wo im natürlichen Eiche - Hainbuche - Birke - Waldgebiet oft mit Kiefernsamen schwedischer Herkunft aufgeforstet wurde. Alle Bestände wurden von den zuständigen Forstverwaltungen als charakteristisch für die betreffenden Provenienzen bezeichnet.

Über die Eigenschaften der untersuchten Kiefernrassen kann aus den zahlreichen Ergebnissen der Provenienzforschung folgende Zusammenfassung vorgenommen werden:

Lapplandkiefer, ausgeprägte Unterart der Kiefer des kalten, hochnordischen Kontinentalklimas.
Geradschäftig, schmale, lange Krone mit kurzen,feinen Asten; dünnere Borke, weit herabreichende Schuppenborke; kurze, steife Nadeln, hellere Zapfen- und Samenfarbe, deutliche Winterfärbung. Höherer Trockensubstanzgehalt, grössere Frostresistenz, schüttefest; längerer Tagesrhythmus, kürzere Vegetationsperiode, frühtreibend. Langsamwüchsig, schmale Jahrringe; Spätholzanteil, Rohwichte, Druckfestigkeit, Kernanteil geringer, höherer Harzgehalt.

Mittel- und südschwedische Kiefer, geradschäftig, vorwiegend schmalkronig, im Vergleich zur Lapplandkiefer schon grobere Äste, den südlichen Formen ähnlicher, wenn auch auf den längeren Tag, kürzere Vegetationszeit fixiert, Winterfärbung, frostresistent.
Immerhin im Vergleich zur hochnordischen Kiefer nicht mehr so extrem engringig, steigende Wuchsleistung, im Mittel etwas höhere Rohwichte, Spätholzanteil, Festigkeitseigenschaften.

Norddeutsche Tieflandskiefer, Rasse des mittleren Seeklimas; geringer Schiefstand, sehr kurze, schmale, wipfeldoldige Krone, Neigung zu dickerer Borke, grobere Äste; raschwüchsig, breiter Jahrringbau, Spätholzanteil und Rohwichte höher, gute Festigkeitseigenschaften.

Südwestdeutsche Tieflandskiefer, breite, abgeflachte Kronen (doldenartig), schneebruchgefährdet, starke Neigung zu Krummwuchs, Grobästigkeit, hohes Rindenprozent. Breite Jahrringe, hohe Massenleistung, schlechter Formquotient n.Vanselow (222) 1934. Festigkeitseigenschaften normal.

Damit wurden Rassen von Tieflandskiefern untersucht, deren erbliche Unterschiede durch Provenienzversuche nachgewiesen sind. Es konnte vorausgesetzt werden, dass sich deutliche Unterschiede vor allem zwischen den drei Gruppen Lapplandkiefer, mittel- und südschwedische Kiefer und deutsche Kiefer zeigen würden, denn die Grenzen zwischen den Kiefernrassen sind nicht scharf gezogen, sondern sie gehen kontinuierlich ineinander über, so wie ja auch die Standortsverhältnisse in dem grossen Verbreitungsgebiet der Kiefer von einem Ende zum andern alle allmählichen Übergänge zeigen.
Langlet schreibt 1936 (114): "Es dürfte als allgemein erwiesen anzusehen sein, dass die Eigenschaften (der Kiefer), die im Zusammenhang mit der Anpassung an die äusseren Verhältnisse ausgebildet werden, hinsichtlich der geographisch - ökologischen Variabilität in gleicher Weise wie diese Verhältnisse variieren".

Eine sehr weitgehende Untergliederung geographischer Kiefernrassen besonders in Deutschland wird dadurch erschwert, dass erst seit 1908 die Herkunft des Kiefernsamens kontrolliert wird, während man seit Mitte des 18. Jahrhunderts in grossem Umfang den Samen von der südwestdeutschen Kleng-Industrie, d.h. Samen der südwestdeutschen Tieflandskiefer (Darmstädter, Pfälzer Kiefer) verwendet. Die schwedischen und deutschen Kiefern haben sich vor allem durch die geographische Isolation während und nach den Eiszeiten in unterschiedlichen Formen herausgebildet, denn die Kiefer Skandinaviens konnte nicht von Süden her über die Ostsee einwandern, sondern kam von Sibirien über Finnland nach Nord- und Südschweden. Dabei wurde auch die südschwedische Kiefer bei der Wanderung durch das hochnordische Klima mit seiner kurzen Vegetationszeit und extremen Winterkälte ausgelesen. Wenn sich die südschwedische Kiefer in der Folgezeit durch Mutation und Auslese dem milderen Klima angepasst hat, so ist die autochthone südschwedische Kiefer im Vergleich

zur deutschen doch relativ langsamwüchsig und frostresistent.

Die mittelschwedische Kiefer stellt den Übergang zwischen der hochnordischen Lapplandkiefer und der südschwedischen Kiefer dar, worauf besonders Neger 1914 (154) hingewiesen hat, s. folgende Verbreitungskarte:

Die Auswertung der verschiedenen internationalen Provenienzversuche zeigte, dass sich eine ganze Anzahl Klimarassen in ihren erblichen physiologischen und morphologischen Eigenschaften unterscheiden, wobei zwischen ihren Eigenschaften und dem Klima ihrer Heimatgebiete ein enger Zusammenhang deutlich wird. Kalela (92) hat 1937 darauf hingewiesen, dass die Unterschiede zwischen den Klimarassen um so grösser sind, je mehr sich die warmen und kalten Klimaverhältnisse unterscheiden, wobei sich einerseits Rassen warmer und maritimer und andererseits kühler

und kontinentaler Gegenden ähnlich sind.

Neben dem Einfluss des Bodens und der Bestandeserziehung ist von den klimatischen Faktoren in Mitteleuropa der Niederschlag für das Dicken- und Längenwachstum entscheidend, in Nordeuropa die Temperatur als Minimumfaktor, wobei der Längenzuwachs besonders von der Witterung der Monate Juni bis August des Vorjahres, der Stärkenzuwachs dagegen von der Witterung der laufenden Vegetationsperiode bezw. bei norddeutschen Altkiefern nach Weck (1944 (230)) auch von den drei voraufgegangenen Vegetationsperioden abhängt. Das Dickenwachstum fällt in die Zeit April - Juni (Frühholz) und Juli - September (Spätholz), sein Beginn verzögert sich nach Romell (1925 (172)) um 2 1/3 Tage für jeden Breitengrad weiter nach Norden. Die ganzjährige Vegetationsperiode am Äquator dauert bei 70°N nur noch von Mitte Mai bis Ende August, die Sonnenenergie nimmt von 200 000 gcal/cm^2 auf nur noch 30 000 gcal/cm^2 ab, worauf Zederbauer (247) 1917 hingewiesen hat. Wenn auch die lange, schmale Krone der nordischen Kiefer eine bessere Ausnutzung des diffusen Lichtes gestattet, so ist die Langsamwüchsigkeit doch auf die für die Assimilationstätigkeit geringe Wärme und ebenso wie der geringe Spätholzanteil auf die Kürze der Vegetationsperiode zurückzuführen. Die Grundsätze über die erblichen Unterschiede der Klimarassen gelten nur allgemein, sie können im Einzelfall durch die vorhandene Streuung innerhalb eines Stammes, von Stamm zu Stamm und schliesslich von Standort zu Standort überdeckt werden. Um diese Streuung zu verringern, wurde für jede Provenienz ein charakteristischer Standort und auf diesem nach forstlichen Gesichtspunkten nur je ein repräsentativer Bestand ausgewählt. Im Vergleich wirkten sich die bei Kollmann und Mitarbeitern ausgewählten 5 verschiedenen Standorte und Bestände je Provenienz so aus, dass das Versuchsmaterial inhomogen wurde und die Streuung den Einfluss der Provenienz auf die Holzeigenschaften überlagerte. Um Unterschiede der geographischen und klimatischen Kiefernrassen zu ermitteln, stehen zwei Wege offen:

1. Die Untersuchung einer grossen Zahl autochthoner Bestände und Stämme je Bestand

2. Die Auswahl weniger Bestände, die nach den Ergebnissen der forstlichen Rassenforschung für die Provenienzen repräsentativ sind und untersuchung einer genügend grossen Anzahl Stämme je Bestand.

Während bei den Untersuchungen von Kollmann der erste Weg angestrebt wurde, allerdings nur mit 5 Beständen je Provenienz und durchschnittlich 10 Stämmen je Bestand, wurde in der vorliegenden Arbeit der zweite Weg beschritten mit 40 gesunden, herrschenden Stämmen aus einem repräsentativen Bestand für jede Provenienz. Da von den Probeabschnitten nur ca 8% nicht aus der gleichen Stammhöhe von 6 - 8 m stammte, wurde keine Überlagerung der Eigenschaften durch diesen Einfluss deutlich. Die weiteren Versuche wurden alle am äussersten Splintholz einheitlich durchgeführt.

Es kann zusammenfassend festgestellt werden, dass die durchgeführte systematische Probenahme die Voraussetzungen erfüllt hat die erforderlich waren, um repräsentative Aussagen über den Einfluss der Provenienz auf die Tränkfähigkeit mit öligen Flüssigkeiten zu machen. Im Hinblick auf die ermittelten Eigenschaften der nordschwedischen Kiefer muss noch einmal darauf hingewiesen werden, dass für deren Verwendung in der Regel die Tränkfähigkeit nicht von Bedeutung ist, dagegen ihre feinringige Struktur, der gleichmässige, feinästige Wuchs und ihre gute Bearbeitbarkeit mit Recht geschätzt wird.

2.5. Zusammenfassung

Zur Untersuchung des Einflusses der Provenienz auf die Tränkfähigkeit deutschen und nordischen Kiefernholzes mit öligen Flüssigkeiten wurden nach forstlichen Gesichtspunkten je ein charakteristischer Bestand in Nordschweden (Älvsbyn), Mittelschweden (Stockholm), Südschweden (Växjö), Schleswig-Holstein (FA Rantzau), Niedersachsen (Gräfl.Bernstorff'sches FA Gartow) und Hessen (FA Mörfelden) ausgewählt und in ihnen unter gleichen Gesichtspunkten je 40 typische Stämme gefällt. Der Jahrringbau wurde an 1937 Splintproben, die Tränkfähigkeit an einem systematisch ausgewählten Teilkollektiv von 676 Proben untersucht, während der Untersuchung des Markstrahlanteils 208 Proben mit je 4 Messreihen und der Druckfestigkeitsprüfung 212 Proben zugrunde lagen.

Mit einer Versuchstränkanlage zur Nachahmung des grosstechnischen Rüping-Verfahrens wurde die Eindringtiefe von Steinkohlenteeröl in radialer und longitudinaler Richtung ermittelt. Der Untersuchung des Jahrringaufbaues diente das Messgerät nach Eklund. Die Ausmessung des Markstrahlanteils erfolgte mit dem Leitz- Integrationstisch. Die Druckfestigkeit wurde mit einer Losenhausen - Druckprüfmaschine untersucht. Alle Messergebnisse wurden mathematisch - statistisch ausgewertet und auf signifikante Unterschiede geprüft.

Die Untersuchungen haben folgendes ergeben:

1. Schwedisches Kiefernholz (Splint) besitzt eine geringere Tränkfähigkeit mit Steinkohlenteeröl als deutsches.

2. Innerhalb Schwedens fällt das nordschwedische Holz (Lapplandkiefer) durch besonders schlechte Tränkfähigkeit auf.

3. In erster Linie verursacht werden diese Unterschiede der Tränkeigenschaften durch den Spätholzanteil, der sich von Süden nach Norden verringert und für die nordschwedische Kiefer am niedrigsten ist. Dieses Holz besitzt ausserdem den geringsten Markstrahlanteil.

4. Es wird bestätigt, dass das Spätholz für Teeröl besser wegsam ist als das Frühholz.

5. Die Jahrringbreite übt keinen Einfluss auf die Tränkfähigkeit aus.

6. Die untersuchten deutschen und schwedischen Provenienzen zeigen keine signifikanten Unterschiede der Splintbreite.

7. Die feinringige hochnordische Lapplandkiefer nimmt eine Sonderstellung ein, da sie die niedrigsten Werte des Spätholz- und Markstrahlanteils, der Tränkfähigkeit in radialer und longitudinaler Richtung sowie der Druckfestigkeit aufweist. Im Hinblick auf die Verwendung dieses Holzes ist allerdings darauf hinzuweisen, dass es weniger für Masten in Frage kommt; es wird aber mit Recht dort geschätzt, wo es nicht auf hohe Festigkeit und Tränkfähigkeit ankommt, sondern auf eine gleichmässig feine Struktur, gute Bearbeitbarkeit und Feinästigkeit.

8. In einer Untersuchung der Frage, ob das Versuchsmaterial für die verschiedenen Provenienzen repräsentativ war, wird festgestellt, dass diese Forderung durch systematische Stichprobennahme aus autochthonen und forstlich charakteristischen Beständen sowie durch die Auswahl der einzelnen Proben nach gleichen Gesichtspunkten erfüllt ist. Die mathematisch - statistisch gesicherten Ergebnisse der Untersuchungen haben daher repräsentative Aussagekraft.

3. ANHANG

Mathematisch-statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Mittelwerte mit Vertrauensbereichen, Streuungszerlegung und Tests auf signifikante Unterschiede.

1. Jahrringaufbau

Streuungszerlegung Spätholzbreite

	Nord-Schweden	Mittel-Schweden	Süd-Schweden	Schlesw. Holstein	Nieder-sachsen	Hessen	
Summe der Stamm-Mittelwerte	9.147	12.74o	1o.328	1o.147	18.37o	18.671	79.4o3
Stammzahl N	39	39	39	4o	4o	38	235
Durchschnitt	o.235	o.327	o.265	o.254	o.459	o.491	o.338

Gruppe	Freiheitsgrad n=N-1	Summe der Quadrate der Abweichung SQ	Streuung s^2	Mittlere Abweichung s
Nordschwed.	38	o.5183	o.o136	o.117
Mittelschwed.	38	o.359o	o.oo94	o.o97
Südschweden	38	o.2925	o.oo77	o.o88
Schlesw.Holst.	39	o.1523	o.oo39	o.o62
Niedersachsen	39	o.6olo	o.o154	o.124
Hessen	37	o.2737	o.oo74	o.o86
Summe	229	2.1968		

Abbildung 17 zeigt, dass die mittleren quadratischen Abweichungen vom Durchschnitt unabhängig sind und in Anbetracht der Probenzahl in jeder Gruppe voneinander nicht erheblich abweichen. Es kann daher stochastische Unabhängigkeit und normale Verteilung angenommen werden, d,h, die Streuungszerlegung ist zulässig.

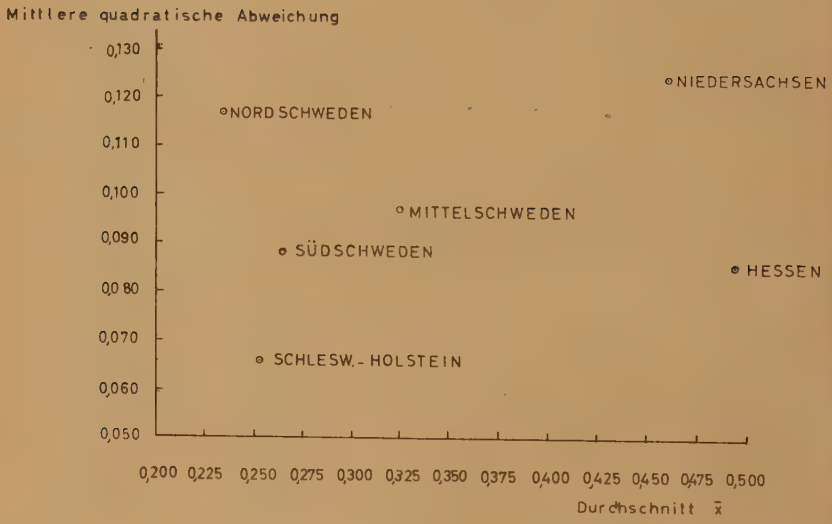


Abb. 17 Durchschnitte und mittlere Abweichungen der Spätholzbreite

Streuung s^2 innerhalb sämtlicher 6 Gruppen / = $\frac{2,1968}{229}$ = o,oo959

Fällt die Streuung zwischen den Gruppen wesentlich grösser aus als die Streuung innerhalb der Gruppen, so weichen mindestens 2 der Durchschnitte wesentlich voneinander ab.

Streuung zwischen den Gruppen

$$A = \frac{1}{5}\left[39(o,235-o,338)^2+39(o,327-o,338)^2+39(o,265-o,338)^2+4o\ (o,254-o,338)^2+4o(o,459-o,338)^2+38(o,491-o,338)^2\right]$$

$$A = \frac{1}{5}\left[39(o,o5523-o,15886+o,1142)+39(o,1o69-o,221o52+o,1142)+39(o,o7o23-o,179140+o,1142)+4o(o,o6452-o,171o4+o,1142)+4o(o,21o7-o,31o284+o,1142)+38(o,2411-o,331916+o,1142)\right]$$

$$A = \frac{1}{5}\left[(39.o,o1o57+39.o,oooo48+39.o,oo529+4o.o,oo7o16+4o.o,o14616+38.o,o23384)\right]$$

$$A = \frac{1}{5}\ (o,41223+o,oo1872+o,2o631+o,28o64+o,58464+o,888592)$$

$$A = \frac{2,374284}{5} = o,4748568$$

Dabei ist 2,374284 die Summe der Quadrate

5 ist der Freiheitsgrad

o,4748568 ist das Durchschnittsquadrat

Streuung	Freiheitsgrad	Summe der Quadrate	Durchschnitts-Quadrat
Zwischen den Gruppen	5	2,374284	o,4748568
Innerhalb der Gruppen	229	2,196800	o,oo959
Insgesamt	234	4,571o84	-.-

Nun ist F = Durchschnittsquadrat zwischen den Gruppen / Durchschnittsquadrat innerhalb der Gruppen

= $\frac{o,4748568}{o,oo959} = 49,516$

Wenn F den Wert $F_{o,o5}$ oder $F_{o,o1}$ für die F-Verteilung mit $n_1 = 5$ und $n_2 = 229$ überschreitet, darf angenommen werden, dass mindestens zwei der Gruppendurchschnitte wesentlich voneinander abweichen.

$F_{0,05} = 2,214$ $F_{0,01} = 3,017$

Damit beweist der F-Test den wesentlichen Unterschied zwischen den Durchschnitten der Spätholzbreite der Provenienzen.

Unterschiede der einzelnen Gruppendurchschnitte

Prüfung nach $t = \frac{\bar{x}' - \bar{x}''}{s}\sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2}{N_1 + N_2}}$, wobei s^2 = Durchschnittsquadrat innerh. der Gruppen gesetzt wird.

oder wenn $N_1 = N_2$ $t = \frac{\bar{x}' - \bar{x}''}{s \cdot \sqrt{2}}\sqrt{N_1}$

1) Nordschweden - Mittelschweden

$N_1 = N_2 = 39$, $t = \frac{0,327 - 0,235}{\sqrt{0,00959 \cdot 2}}\sqrt{39} = \frac{0,092}{0,01918} \cdot \sqrt{39}$

$= \frac{0,092 \cdot 6,245}{0,1385} = \frac{4,148}{}$

während mit n = 229 ein $t_{0,01} = 2,598$ und $t_{0,001} = 3,344$ aus der Tafel der t-Verteilung zu entnehmen ist. Der Unterschied ist auf jeden Fall gesichert.

Nordschweden $x_s = 0,235$ Mittelschweden $x_s = 0,327$

2) Mittelschweden - Südschweden

$N_1 = N_2 = 39$ $t = \frac{0,327-0,265}{\sqrt{0,00959 \cdot 2}}\sqrt{39} = \frac{0,062 \cdot 6,245}{0,1385} = 2,796$

$x_{st} = 0,327$ $x_v = 0,265$

$t_{0,01} = 2,598$ $t_{0,001} = 3,344$

Der Unterschied kann als gesichert angesehen werden

Mittelschweden $\underline{x = 0,327}$ Südschweden $\underline{x = 0,265}$

3) Nordschweden - Südschweden

$x_A = 0,235$ $x_v = 0,265$ $N_1 = N_2 = 39$ $t = \frac{(0,265-0,235) \cdot 6,245}{0,1385} = 1,353$

$t_{0,05} = 1,971$ $t_{0,01} = 2,598$

Damit ist dieser Unterschied nicht gesichert

4) Nordschweden - Schleswig-Holstein

$x_A = 0{,}235 \quad x_s = 0{,}254 \quad N_1 = 39 \; N_2 = 40$

$$t = \frac{0{,}254 - 0{,}235}{\sqrt{0{,}00959}} \sqrt{\frac{39 \cdot 40}{79}}$$

$$t = \frac{0{,}019}{0{,}09793} \cdot \sqrt{19{,}75} = \frac{0{,}862}{}$$

Dieser Unterschied ist nicht gesichert

5) Mittelschweden - Schleswig-Holstein

$x_{st} = 0{,}327 \; x_s = 0{,}254 \; N_1 = 39 \; N_2 = 40 \; t = \frac{0{,}073 \cdot 4{,}445}{0{,}09793} = \frac{3{,}315}{}$ gesichert

6) Südschweden - Schleswig-Holstein

$t = \frac{0{,}011 \cdot 4{,}445}{0{,}09793} = \frac{0{,}499}{}$ nicht gesichert

7) Nordschweden - Niedersachsen

$x_A = 0{,}235 \; x_N = 0{,}459 \; N_L = 39 \; N_2 = 40 \; t = \frac{0{,}224 \cdot 4{,}445}{0{,}09793} = \frac{10{,}33}{}$ weit gesichert

8) Mittelschweden - Niedersachsen

$x_{st} = 0{,}327 \; x_N = 0{,}459 \; N_1 = 39 \; N_2 = 40 \quad t = \frac{0{,}132 \cdot 4{,}445}{0{,}09793} = \frac{5{,}99}{}$ gesichert

9) Südschweden - Niedersachsen

$x_v = 0{,}265 \; x_N = 0{,}459 \; N_1 = 39 \; N_2 = 40 \quad t = \frac{0{,}194 \cdot 4{,}445}{0{,}09793} = \frac{8{,}81}{}$ gesichert

10) Schleswig-Holstein - Niedersachsen

$x_s = 0{,}254 \; x_N = 0{,}459 \; N_1 = 39 \; N_2 = 40 \quad t = \frac{0{,}205 \cdot 6{,}325}{0{,}1385} = \frac{9{,}36}{}$ gesichert

11) Nordschweden - Hessen

$x_A = 0{,}235 \; x_H = 0{,}491 \; N_1 = 39 \; N_2 = 38 \quad t = \frac{0{,}256 \sqrt{17{,}948}}{0{,}09793} =$

$$\frac{0{,}256 \cdot 4{,}233}{0{,}09793} = \frac{11{,}05}{}$$ gesichert

12) Mittelschweden - Hessen

$x_{st} = 0{,}327$ $x_H = 0{,}491$ $N_1 = 29$ $N_2 = 38$ $t = \frac{0{,}164 \cdot 4{,}233}{0{,}09793} = 7{,}08$ gesichert

13) Südschweden - Hessen

$x_v = 0{,}265$ $x_H = 0{,}491$ $N_1 = 39$ $N_2 = 38$ $t = \frac{0{,}226 \cdot 4{,}232}{0{,}09793} = 9{,}77$ gesichert

14) Schleswig-Holstein - Hessen

$x_s = 0{,}254$ $x_H = 0{,}491$ $N_1 = 40$ $N_2 = 38$ $t = \frac{0{,}237 \cdot 4{,}414}{9793} = 10{,}67$ gesichert

15) Niedersachsen - Hessen

$\bar{x}_N = 0{,}459$ $x_H = 0{,}491$ $N_1 = 40$ $N_2 = 38$ $t = 1{,}44$ nicht gesichert

Streuungszerlegung Frühholzbreite

	Nord-schwed. A	Mittel-schwed. St	Süd-schwed. V	Schlesw. Holstein S	Nieder-sachsen N	Hessen H	
Summe der Stamm-Mittelwerte	23,991	29,835	21,030	18,862	34,274	23,303	151,295
Stammzahl N	39	39	39	40	40	38	235
Durchschnitt	0,615	0,765	0,538	0,472	0,857	0,613	0,644

Gruppe	Freiheitsgrad n = N - 1	Summe der Quadrate der Abweichungen sQ	Streuung s^2	Mittlere Abweichung s
Nordschwed.	38	2,2613	o,o595	o,244
Mittelschwed.	38	1,3819	o,o364	o,191
Südschweden	38	1,1513	o,o3o3	o,174
Schleswig-Holstein	39	o,4324	o,o111	o,1o5
Niedersachsen	39	1,3278	o,o34	o,184
Hessen	37	o,3556	o,oo96	o,o98
Summe	229	6,91o3		

Streuung s^2 innerhalb sämtlicher 6 Gruppen =

$$\frac{6,91o3}{229} = o,o3o18$$

Streuung zwischen den Gruppen

$$A = \frac{1}{5}\,[39\,(o,615-o,644)^2+39(o,765-o,644)^2+39\,(o,538-o,644)^2+4o(o,472-o,644)^2+4o\,(o,857-o,644)^2+38(o,613-o,644)^2]$$

$$A = \frac{1}{5}\,(39.o,ooo78+39.o,o1458+39.o,o11156+4o\,.o,o29564+4o.o,o45284+38.o,ooo956)$$

$$A = \frac{1}{5}\,.\ 4,o64372 = o,8128744$$

4,o64372 = Summe der Quadrate

5 = Freiheitsgrad

o,8128744 = Durchschnittsquadrat

Streuung	Freiheitsgrad	Summe der Quadrate	Durchschnittsquadrat
Zwischen den Gruppen	5	4,o64372	o,8128744
Innerhalb der Gruppen	229	6,91o3oo	o,o3o18
Insgesamt	234	1o,974672	-.-

$F = \frac{0,8128744}{0,031800} = 26,934$

$F_{0,05} = 2,214 \quad F_{0,01} = 3,017$

Nach dem F - Test ergibt sich, dass mindestens 2 der Gruppendurchschnitte wesentlich voneinander abweichen.

Prüfung auf signifikante Unterschiede

$t = \frac{\bar{x}' - \bar{x}''}{s} \sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2}{N_1 + N_2}}$ wobei s = DQ innerhalb der Gruppen

bezw. $t = \frac{\bar{x}' - \bar{x}''}{s \cdot \sqrt{2}} \cdot \sqrt{N_1}$ wenn $N_1 = N_2$

1) Nordschweden - Mittelschweden

$N_1 = N_2 = 39 \quad x_A = 0,615 \quad x_{st} = 0,765$

$t = \frac{0,765 - 0,615}{\sqrt{0,03018 \cdot 2}} \cdot \sqrt{39} = \frac{0,150 \cdot 6,245}{0,2457} = 3,815$

gesichert, denn bei n = 229 ist

$t_{0,01} = 2,598$ und $t_{0,001} = 3,344$

2) Mittelschweden - Südschweden

$N_1 = N_2 = 39 \quad x_A = 0,615 \quad x_v = 0,538$ gesichert

3) Nordschweden - Südschweden

$N_1 = N_2 = 39 \quad x_A = 0,615 \quad x_v = 0,538$

$t = \frac{0,077 \cdot 6,245}{0,2457} = 1,96$ nicht gesichert

4) Nordschweden - Schleswig-Holstein

$N_1 = 39 \quad N_2 = 40 \quad x_A = 0,615 \quad x_S = 0,472$

$t = \frac{0,615 - 0,472}{\sqrt{0,03018}} \cdot \sqrt{\frac{39 \cdot 40}{79}} = \frac{0,143}{\sqrt{0,03018}} \cdot \sqrt{\frac{1560}{79}} =$

$\frac{0,143}{0,1737} \sqrt{19,75} = \frac{0,143}{0,1737} \cdot 4,444 = 3,66$

gesichert

5) Nordschweden - Niedersachsen

$N_1 = 39\ N_2 = 40\ x_A = 0{,}615\ x_N = 0{,}857$ gesichert

6) Nordschweden - Hessen

$N_1 = 38\ N_2 = 37\ x_a = 0{,}615\ x_H = 0{,}613$ nicht gesichert

7) Mittelschweden - Schleswig-Holstein

$N_1 = 39 - N_2 = 40\ x_{st} = 0{,}765\ x_s = 0{,}472$ gesichert

8) Mittelschweden - Niedersachsen

$x_N = 0{,}857\ t = \frac{0{,}092}{0{,}1737} \cdot 4{,}44 = 2{,}36$

$x_{st} = 0{,}765$ nicht gesichert

9) Mittelschweden - Hessen

$N_H = 38\ x_H = 0{,}613\ t = \frac{0{,}152}{0{,}1737} \cdot \sqrt{\frac{1482}{77}} =$

$\frac{0{,}152}{0{,}1737} \cdot \frac{38{,}5}{8{,}78} = \frac{3{,}37}{}$ gesichert

10) Südschweden - Schleswig-Holstein

$N_1 = 39\ N_2 = 40\ x_v = 0{,}538\ x_s = 0{,}472$ nicht gesichert

11) Südschweden - Niedersachsen

$N_1 = 39\ N_2 = 40\ x_v = 0{,}538\ x_N = 0{,}857$ gesichert

12) Südschweden - Hessen

$N_1 = 39\ N_2 = 38\ x_v = 0{,}538\ x_H = 0{,}613$ nicht gesichert

13) Schleswig-Holstein - Niedersachsen

$N_1 = N_2 = 40\ x_s = 0{,}472\ x_N = 0{,}857$ gesichert

14) Schleswig-Holstein - Hessen

$N_1 = 40\ N_2 = 38\ x_s = 0{,}472\ x_H = 0{,}613$

$t = \frac{0{,}141}{\sqrt{0{,}1737}} \cdot \sqrt{\frac{1520}{78}} = \frac{0{,}141}{0{,}1737} \cdot \frac{38{,}99}{8{,}832} = 3{,}58$ gesichert

15) Niedersachsen - Hessen

$N_1 = 40\ N_2 = 38\ x_N = 0{,}857\ x_H = 0{,}613$ gesichert

Vergleich der mittleren Jahrringbreite und der Mittelwerte für Frühholz und Spätholz mit Vertrauensbereich

Dabei ist die totale Streuung $s_T^2 = s_z^2 + s_i^2$

wobei $s_z^2 = \frac{1}{K-1} \cdot \sum_1^K \cdot (\bar{x} - x)^2$ und

$s_i^2 = \frac{1}{K} \cdot \sum_1^K s^2$ ist. $s_T = s_z + s_i$

Aus dem Mittelwert und der Totalstreuung wird der Mittelwert mit Vertrauensbereich für das gesamte Kollektiv errechnet:

$x_m = \bar{x} \pm \frac{t \cdot s}{\sqrt{N}}$, wobei t der Tabelle beim Freiheitsgrad n = N - 1 für die Sicherheiten 95, 99 und 99,9% entnommen wird.

Nordschweden (Älvsbyn)

Mittl. Jahrringbreite = 0,850 mm N_A = 39

Spätholzanteil = 28% t_{95} = 0,025

t_{99} = 2,712

$t_{99,9}$ = 3,567

Spätholz s_T = 0,117 + 0,061 = 0,178

xm 95 = 0,235 ± 0,058

xm 99 = 0,235 ± 0,077

xm 99,9 = 0,235 ± 0,102

Frühholz s_T = 0,244 + 0,087 = 0,331

xm 95 = 0,615 ± 0,107

xm 99 = 0,615 ± 0,144

xm 99,9 = 0,615 ± 0,189

Mittelschweden (Stockholm)

Mittl. Jahrringbreite = 1,092 mm N_{st} = 39

Spätholzanteil = 30% t_{95} = 2,025

t_{99} = 2,712

$t_{99,9}$ = 3,567

Spätholz s_T = 0,097 + 0,070 = 0,167

xm 95 = 0,327 ± 0,054

xm 99 = 0,327 ± 0,073

xm 99,9 = 0,327 ± 0,096

Frühholz s_T = o,191 + o,087 = o,278
xm 95 = o,765 ± o,090
xm 99 = o,765 ± o,121
xm 99,9 = o,765 ± o,159

Südschweden (Växjö)

Mittl. Jahrringbreite = o,8o3 mm N_v = 39

Spätholzanteil = 33% t_{95} = 2,o25
t_{99} = 2,712
$t_{99,9}$ = 3,567

Spätholz s_T = o,o88 + o,o49 = o,137
xm 95 = o,265 ± o,o45
xm 99 = o,265 ± o,o59
xm 99,9 = o,265 ± o,o78

Frühholz s_T = o,174 + o,o52 = o,226
xm 95 = o,538 ± o,o73
xm 99 = o,538 ± o,o98
cm 99,9 = o,538 ± o,129

Schleswig-Holstein (Rantzau)

Mittl. Jahrringbreite = o,726 mm N_s = 4o

Spätholzanteil = 35% t_{95} = 2,o23
t_{99} = 2,7o8
$t_{99,9}$ = 3,559

Spätholz s_T = o,o62 + o,o79 = o,141
xm 95 = o,254 ± o,o45
xm 99 = o,254 ± o,o61
xm 99,9 = o,254 ± o,o79

Frühholz s_T = o,1o5 + o,o84 = o,189
xm 95 = o,472 ± o,o61
xm 99 = o,472 ± o,o81
xm 99,9 = o,472 ± o,1o6

Niedersachsen (Gartow)

Mittl. Jahrringbreite 1,316 mm N_N = 40

Spätholzanteil = 35% t_{95} = 2,023

t_{99} = 2,708

$t_{99,9}$ = 3,559

Spätholz s_T = 0,124 + 0,125 = 0,249
xm 95 = 0,459 ± 0,088
xm 99 = 0,459 ± 0,107
xm 99,9 = 0,459 ± 0,140

Frühholz s_T = 0,184 + 0,153 = 0,337
xm 95 = 0,857 ± 0,108
xm 99 = 0,857 ± 0,144
xm 99,9 = 0,857 ± 0,190

Hessen (Mörfelden)

Mittl. Jahrringbreite 1,104 mm N_H = 38

Spätholzanteil = 44% t_{95} = 2,027

t_{99} = 2,716

$t_{99,9}$ = 3,576

Spätholz s_T = 0,086 + 0,165 = 0,251
xm 95 = 0,491 ± 0,093
xm 99 = 0,491 ± 0,111
xm 99,9 = 0,491 ± 0,146

Frühholz s_T = 0,098 + 0,105 = 0,203
xm 95 = 0,613 ± 0,067
xm 99 = 0,613 ± 0,089
xm 99,9 = 0,613 ± 0,118

Übersicht über die mittlere Breite der Jahrringe, des Spätholzes und Frühholzes, Spätholzanteil

	Nord-schwed.	Mittel-schwed.	Süd-schwed.	Schlesw. Holstein	Nieder-sachsen	Hessen
Mittlere Jahrring-breite (mm)	o,85o	1,o92	o,8o3	o,726	1,316	1,1o4
Mittlere Frühholz-breite (mm)	o,615	o,765	o,538	o,472	o,857	o,613
Mittlere Spätholz-breite (mm)	o,235	o,327	o,265	o,254	o,459	o,491
Mittlerer Spätholz-anteil (%)	28	3o	33	35	35	44

2. Tränkfähigkeit (Steinkohlenteeröl)

Mittelwerte und Vertrauensbereiche der Eindringtiefe (mm)

longitudinal

Nordschweden (A) N = 123

$E_{m95} = 4,o \pm \frac{1,98o \cdot 4,25}{11,o9} = 4,o \pm o,76$ (mm)

$E_{m99} = " \pm \frac{2,612 \cdot 4,25}{11,o9} = 4,o \pm 1,bo$ (mm)

$E_{m99,9} = " \pm \frac{3,363 \cdot 4,25}{11,o9} = 4,o \pm 1,29$ (mm)

Mittelschweden (St) N = 122

$E_{m95} = 13,o \pm \frac{1,98o \cdot 7,15}{11,o5} = 13,o \pm 1,28$ (mm)

$E_{m99} = " \pm \frac{2,617 \cdot 7,15}{11,o5} = 13,o \pm 1,69$ (mm)

$E_{m99,9} = " \pm \frac{3,372 \cdot 7,15}{11,o5} = 13,o \pm 2,18$ (mm)

Südschweden (V) N = 1o3

$E_{m95} = 12,5 \pm \frac{1,984 \cdot 6,11}{1o,15} = 12,5 \pm 1,2$ (mm)

$E_{m99} = " \pm \frac{2,625 \cdot 6,11}{1o,15} = 12,5 \pm 1,6$ (mm)

$E_{m99,9} = " \pm \frac{3,388 \cdot 6,11}{1o,15} = 12,5 \pm 2,o4$ (mm)

Schleswig - Holstein (S) N = 139

$E_{m95} = 17{,}0 \pm \frac{1{,}977 \cdot 3{,}65}{11{,}8} = 17{,}0 \pm 0{,}6$ (mm)

$E_{m99} = " \pm \frac{2{,}612 \cdot 3{,}65}{11{,}8} = 17{,}0 \pm 0{,}8$ (mm)

$E_{m99{,}9} = " \pm \frac{3{,}362 \cdot 3{,}65}{11{,}8} = 17{,}0 \pm 1{,}04$ (mm)

Niedersachsen (N) N = 76

$E_{m95} = 18{,}0 \pm \frac{1{,}992 \cdot 2{,}6}{8{,}72} = 18{,}0 \pm 0{,}6$ (mm)

$E_{m99} = " \pm \frac{2{,}643 \cdot 2{,}6}{8{,}72} = 18{,}0 \pm 0{,}8$ (mm)

$E_{m99{,}9} = " \pm \frac{3{,}426 \cdot 2{,}6}{8{,}72} = 18{,}0 \pm 1{,}02$ (mm)

Hessen (H) N = 113

$E_{m95} = 17{,}0 \pm \frac{1{,}9816 \cdot 4{,}25}{10{,}63} = 17{,}0 \pm 0{,}79$ (mm)

$E_{m99} = " \pm \frac{2{,}6206 \cdot 4{,}25}{10{,}63} = 17{,}0 \pm 1{,}05$ (mm)

$E_{m99{,}9} = " \pm \frac{3{,}3798 \cdot 4{,}25}{10{,}63} = 17{,}0 \pm 1{,}35$ (mm)

Prüfung auf signifikante Unterschiede in der Tränkfähigkeit mit Steinkohlenteeröl

(Longitudinale Eindringtiefe in mm)

Standort	Probenzahl	Freiheitsgrad	$\sum x$	$\sum x^2$	Streuung s^2	SQ
Nordschweden A	123	122	496,0 $\bar{x} = 4,0$	4 225,05	18,10	2 226,17
Mittelschweden St	122	121	1 603,0 $\bar{x} = 13,0$	27 085,25	51,20	6 246,25
Südschweden V	103	102	1 289,0 $\bar{x} = 12,5$	19 958,00	37,34	3 845,50
Schlesw. Holstein S	139	138	2 345,5 $\bar{x} = 17,0$	41 728,25	13,34	1 854,75
Niedersachsen N	76	75	1 353,0 $\bar{x} = 18,0$	24 877,20	6,88	523,20
Hessen H	113	112	1 935,0 $\bar{x} = 17,0$	34 936,00	18,06	2 041,00
Total	676	670	-9 021,5 $\bar{x} = 13,5$	152 809,75	-.-	16 736,87

Gesamt $\bar{x} = 13,5$ Streuung innerhalb sämtlicher 6 Gruppen

$$\frac{16\,736,87}{670} = \frac{24,98}{}$$

Streuung zwischen den Durchschnitten $= \frac{1}{5}\left[(123\,(13,5-4,0)^2+122\cdot(13,5-13,0)^2+103(13,5-12,5)^2+139(17,0-13,5)^2+76(18,0-13,5)^2+113(17,0-13,5)^2\right]$

$$= \frac{1}{5}\,(123.9,5^2+122.0,5^2+103.1,0^2+139.3,5^2+76.4,5^2+113.3,5^2) = \frac{1}{5}\,(11.100,75+30,50+1103,00+1.702,75+1.539,00+1.384,25)$$

$$= \frac{1}{5} \cdot 15860,25 = 3.172,05$$

Summe der Quadrate zwischen den Gruppen	15 860,25
Freiheitsgrad	5
Durchschnittsquadrat	3 172,05

Streuung	Freiheitsgrad	Summe der Quadrate	Durchschnitts-Quadrat
Zwischen den Gruppen	5	15 86o,25	3 172,o5
Innerhalb der Gruppen	67o	16 736,87	24,98
insgesamt	675	32 597,12	

$$F = \frac{DQ \text{ zwischen den Gruppen}}{DQ \text{ innerhalb der Gruppen}} = \frac{3172,05}{24,98} = \frac{126,98}{}$$

F bei $n_1 = 5$ $n_2 = 67o$

p = o,o5 F = 2,214
p = o,ol F = 3,o17
p = o,ool F = 4,1o3

Also liegt der gefundene F-Wert weit über $F_{o,ool}$, sodass wesentliche Unterschiede in der Tränkfähigkeit der verschiedenen Kiefern-Provenienzen angenommen werden können und eine Prüfung der einzelnen Gruppendurchschnitte sich lohnt.

I. Nordschweden (A) $\bar{x}_A = 4,o$ mm $N_A = 123$
s^2 = DQ innerhalb der Gruppen
= 24,98

1) Gegenüber Mittelschweden (St) $\bar{x}_{st} = 13,o$ mm
$N_{st} = 122$

$$t = \frac{\bar{x}_{st} - \bar{x}_A}{s} \cdot \sqrt{\frac{N_A \cdot N_{st}}{N_A + N_{st}}} = \frac{9,o}{24,98} \cdot \sqrt{\frac{123 \cdot 122}{245}}$$

$$= \frac{9,o}{4,998} \cdot \sqrt{\frac{15\,oo6}{245}} = \frac{9,o}{4,998} \cdot \sqrt{61,248}$$

$$t = \frac{9,o}{4,998} \cdot 7,826 = \frac{7o,434}{4,998} = \underline{14,o92}$$

Während mit n = 67o ein $t_{o,ool}$ von 3,3o6 aus der Tafel der t-Verteilung zu entnehmen ist. Der Unterschied der Tränkfähigkeit zwischen Nord- und Mittelschweden ist demnach bei weitem gesichert.

2) Gegenüber Südschweden (V)

$\bar{x}_V = 12{,}5 \quad N_V = 103$

$$t = \frac{8{,}5}{4{,}998} \cdot \sqrt{\frac{123 \cdot 103}{226}} = \frac{8{,}5 \cdot \sqrt{56{,}05}}{4{,}998} = \frac{12{,}738}{}$$ gesichert

Ebenso sind die gefundenen Unterschiede zwischen Nordschweden und den deutschen Standorten ohne weiteren Nachweis gesichert.

II. Mittelschweden (ST) $\bar{x}_{st} = 13{,}0 \quad N_{st} = 122$

$s = \sqrt{24{,}98} = 4{,}998$

1) Gemäss I 1) gesichert höhere Tränkfähigkeit gegenüber Nordschweden.

2) Gegenüber Südschweden $\bar{x}_V = 12{,}5 \quad N_V = 103$

$$t = \frac{0{,}5}{4{,}998} \cdot \sqrt{\frac{12566}{225}} = \frac{0{,}5}{4{,}998} \cdot \sqrt{55{,}85} = \frac{0{,}5 \cdot 7{,}473}{4{,}998}$$

$$= \underline{0{,}748}$$

$t_{0,05} = 1{,}964 \quad t_{0,01} = 2{,}585$

$t_{0,001} = 3{,}306$

Ergebnis: Kein Unterschied der Tränkfähigkeit zwischen mittelschwedischen und südschwedischen Kiefern.

3) Gegenüber Schleswig - Holstein (S) $\bar{x}_S = 17{,}0 \quad N_S = 139$

$$t = \frac{4}{4{,}998} \cdot \sqrt{\frac{16958}{261}} = \frac{4}{4{,}998} \cdot \sqrt{64{,}973} =$$

$$\frac{4 \cdot 8{,}061}{4{,}998} = \underline{6{,}890}$$

Ergebnis: Gesichert höhere Tränkfähigkeit der schleswig-holsteinischen Kiefer gegenüber der mittelschwedischen.

4) Gegenüber Niedersachsen (N) $\bar{x}_N = 18{,}0$

$N_N = 76$

$$t = \frac{5}{4{,}998} \cdot \sqrt{\frac{10564}{215}} = \frac{5}{4{,}998} \cdot \sqrt{49{,}134} =$$

$$\frac{5 \cdot 7{,}01}{4{,}998} = \underline{7{,}012}$$

Ergebnis: Gesichert höhere Tränkfähigkeit der niedersächsischen Kiefer gegenüber der mittelschwedischen.

5) Gegenüber Hessen (H) $\bar{x}_H = 17{,}0$ $N_H = 113$

$$t = \frac{4}{4{,}998} \cdot \sqrt{58{,}663} = \frac{4 \cdot 7{,}651}{4{,}998} = 6{,}123$$

Gesichert höhere Tränkfähigkeit der hessischen Kiefer.

III. Südschweden (V) $\bar{x}_V = 12{,}5$ $N_V = 103$
$s = 4{,}998$

1) Gemäss I 2) gesicherter Unterschied gegenüber der nordschwedischen Kiefer, aber gem. II 2) kein Unterschied gegenüber der mittelschwedischen Provenienz

2) Gegenüber Schleswig-Holstein
$\bar{x}_s = 17{,}0$ $N_s = 139$

$$t = \frac{4{,}5}{4{,}998} \cdot \sqrt{\frac{14317}{252}} = \frac{4{,}5}{4{,}998} \cdot \sqrt{56{,}813} =$$

$$\frac{4{,}5 \cdot 7{,}538}{4{,}998} = 6{,}786$$

also gesichert höhere Tränkfähigkeit der schleswig-holsteinischen Kiefer

3) Gegenüber Niedersachsen $\bar{x}_N = 18{,}0$ $N_N = 76$

$$t = \frac{5{,}5}{4{,}998} \cdot \sqrt{\frac{7828}{179}} = \frac{5{,}5}{4{,}998} \cdot \sqrt{43{,}732} =$$

$$\frac{5{,}5 \cdot 6{,}613}{4{,}998} = 7{,}277$$

Gesicherter Unterschied

4) Gegenüber Hessen $\bar{x}_H = 17{,}0$ $N_H = 113$

$$t = \frac{4{,}5}{4{,}998} \cdot \sqrt{\frac{11639}{216}} = \frac{4{,}5}{4{,}998} \cdot \sqrt{53{,}884} =$$

$$\frac{4{,}5 \cdot 7{,}34}{4{,}998} = 6{,}609$$

Gesicherter Unterschied

IV. Schleswig - Holstein (S) $\bar{x}_S = 17{,}0$ $N_S = 139$
$s = 4{,}998$

1) Gemäss I gesicherter Unterschied gegenüber der nordschwedischen Kiefer
Gemäss II 3) gesicherter Unterschied gegenüber der mittelschwedischen Kiefer
Gemäss III 2) gesicherter Unterschied gegenüber der südschwedischen Kiefer

2) Gegenüber Niedersachsen $\bar{x}_N = 18{,}0$ $N_N = 76$

$$t = \frac{1{,}0}{4{,}998} \cdot \sqrt{\frac{10564}{215}} = \frac{1}{4{,}998} \cdot \sqrt{49{,}134} = \frac{701}{4{,}998} = 1{,}403$$

3) Gegenüber Hessen kein Unterschied
($\bar{x}_H = 17{,}0$)

V. Niedersachsen (N) $\bar{x}_N = 18{,}0$ $N_N = 76$
$s = 4{,}998$

1) Gemäss I gesicherter Unterschied gegenüber der nordschwedischen Kiefer
Gemäss II 4) gesicherter Unterschied gegenüber der mittelschwedischen Kiefer
Gemäss III 3) gesicherter Unterschied gegenüber der südschwedischen Kiefer
Gemäss IV 2) kein gesicherter Unterschied gegenüber der schleswig-holsteinischen Kiefer

2) Gegenüber Hessen (H) $\bar{x}_H = 17{,}0$ $N_H = 113$

$$t = \frac{1{,}0}{4{,}998} \cdot \sqrt{\frac{8588}{189}} = \sqrt{45{,}439} = \frac{6{,}74}{4{,}998} = 1{,}349$$

kein gesicherter Unterschied

VI. Hessen (H) $\bar{x}_H = 17{,}0$ $N_H = 113$ $s = 4{,}998$

Gemäss I gesicherter Unterschied gegenüber der nordschwedischen Kiefer
Gemäss II 5) gesicherter Unterschied gegenüber der mittelschwedischen Kiefer
Gemäss III 4) gesicherter Unterschied gegenüber der südschwedischen Kiefer

Gemäss IV 3)kein gesicherter Unterschied gegenüber der schleswig-holsteinischen Kiefer

Gemäss V 2)kein gesicherter Unterschied gegenüber der niedersächsischen Kiefer

3. Flächenanteile Markstrahlen

Meßstrecke Tracheiden und Markstrahlen (cm), Summe von 4 Messungen je Probe, Markstrahlanteil (%)

Mittelwerte und Vertrauensbereiche

1. Nordschweden Probenzahl n = 34

Tracheiden

$\bar{x}_{95} = 6{,}776 \pm 2{,}0348 \cdot \frac{0{,}3092}{5{,}831} = 6{,}776 \pm 0{,}108$

99 = " $\pm$ 2,7344 . " = 6,776 $\pm$ 0,145

99,9= " $\pm$ 3,6136 . " = 6,776 $\pm$ 0,192

Markstrahlen

$\bar{x}_{95} = 1{,}142 \pm 2{,}0348 \cdot \frac{0{,}2415}{5{,}831} = 1{,}142 \pm 0{,}084$

99 = " $\pm$ 2,7344 . " = 1,142 $\pm$ 0,114

99,9= " $\pm$ 3,6136 . " = 1,142 $\pm$ 0,150

Markstrahlanteil = 14,4%

2. Mittelschweden Probenzahl n = 35

Tracheiden

$\bar{x}_{95} = 6{,}556 \pm 2{,}0324 \cdot \frac{0{,}3149}{5{,}916} = 6{,}556 \pm 0{,}108$

99 = " $\pm$ 2,7292 . " = 6,556 $\pm$ 0,146

99,9= " $\pm$ 3,6028 . " = 6,556 $\pm$ 0,192

Markstrahlen

$\bar{x}_{95} = 1{,}385 \pm 2{,}0324 \cdot \frac{0{,}3636}{5{,}916} = 1{,}385 \pm 0{,}125$

99 = " $\pm$ 2,7292 . " = 1,385 $\pm$ 0,168

99,9= " $\pm$ 3,6028 . " = 1,385 $\pm$ 0,221

Markstrahlanteil = 17,4%

3. Südschweden Probenzahl n = 34

Tracheiden

$\bar{x}_{95} = 6{,}688 \pm 2{,}0348 \cdot \frac{0{,}3338}{5{,}831} = 6{,}688 \pm 0{,}117$

99 = " $\pm$ 2,7344 . " = 6,688 $\pm$ 0,157

99,9= " $\pm$ 3,6136 . " = 6,688 $\pm$ 0,207

Markstrahlen

$\bar{x}_{95} = 1{,}244 \pm 2{,}0348 \cdot \frac{0{,}3608}{5{,}831} = 1{,}244 \pm 0{,}126$

99 = " $\pm$ 2,7344 . " = 1,244 $\pm$ 0,169

99,9= " $\pm$ 3,6136 - " = 1,244 $\pm$ 0,223

Markstrahlanteil = 15,7%

4. Schleswig - Holstein Probenzahl n = 38

Tracheiden

$\bar{x}_{95} = 6{,}645 \pm 2{,}0264 \cdot \frac{0{,}2322}{6{,}165} = 6{,}645 \pm 0{,}077$

99 = " $\pm$ 2,716 . " = 6,645 $\pm$ 0,102

99,9= " $\pm$ 3,576 . " = 6,645 $\pm$ 0,135

Markstrahlen

$\bar{x}_{95} = 1{,}265 \pm 2{,}0264 \cdot \frac{0{,}2322}{6{,}165} = 1{,}265 \pm 0{,}077$

99 = " $\pm$ 2,716 . " = 1,265 $\pm$ 0,103

99,9= " $\pm$ 3,576 . " = 1,265 $\pm$ 0,135

Markstrahlanteil = 16,0%

5. Niedersachsen Probenzahl n = 33

Tracheiden

$\bar{x}_{95} = 6{,}592 \pm 2{,}0372 \cdot \frac{0{,}1994}{5{,}745} = 6{,}592 \pm 0{,}071$

99 = " $\pm$ 2,7396 . " = 6,592 $\pm$ 0,095

99,9= " $\pm$ 3,6244 . " = 6,592 $\pm$ 0,126

Markstrahlen

$\bar{x}_{95} = 1{,}321 \pm 2{,}0372 \cdot \frac{0{,}2819}{5{,}745} = 1{,}321 \pm 0{,}100$

99 = " $\pm$ 2,7396 . " = 1,321 $\pm$ 0,135

99,9= " $\pm$ 3,6244 . " = 1,321 $\pm$ 0,178

Markstrahlanteil = 16,7%

6. Hessen Probenzahl n = 34

Tracheiden

$\bar{x}_{95} = 6{,}685 \pm 2{,}0348 \cdot \frac{0{,}2046}{5{,}831} = 6{,}685 \pm 0{,}072$

99 = " $\pm$ 2,7344 " = 6,685 $\pm$ 0,096

99,9= " $\pm$ 3,6136 " = 6,685 $\pm$ 0,127

Markstrahlen

$\bar{x}_{95} = 1{,}218 \pm 2{,}0348 \cdot \frac{0{,}2987}{5{,}831} = 1{,}218 \pm 0{,}104$

99 = " $\pm$ 2,7344 . " = 1,218 $\pm$ 0,140

99,9= " $\pm$ 3,6136 . " = 1,218 $\pm$ 0,185

Markstrahlanteil = 15,4%

Prüfung auf signifikante Unterschiede

Standort	Probenzahl	Freiheitsgrad	Summe x	Summe x^2	Streuung s^2	Summe d. Quadrate
Nordschwed. A	34	33	490,04 $\bar{x}$ = 14,41%	7 363,12	9,14	301,64
Mittelschw. St	35	34	608,74 $\bar{x}$ = 17,39%	11 265,15	19,98	679,16
Südschwed. V	34	33	532,73 $\bar{x}$ = 15,67%	8 923,50	17,44	575,62
Schleswig-Holstein S	38	37	617,47 $\bar{x}$ = 15,99%	10 030,19	8,56	316,74
Niedersachs. N	33	32	550,50 $\bar{x}$ = 16,68%	9 588,10	12,68	405,76
Hessen H	34	33	523,40 $\bar{x}$ = 15,39%	8 358,87	9,20	303,74
total	208	202	3 322,88	55 528,93		2 582,66

Gesamt $\bar{\bar{x}} = \frac{3\,322,88}{208} = 15,98$

Streuung innerhalb sämtlicher 6 Gruppen

$$\frac{2\,582,66}{202} = 12,785$$

Streuung zwischen den Durchschnitten

$$= \frac{1}{5}\ (34(15,98-14,41)^2+35(17,39-15,98)^2+34(15,98-15,67)^2+38$$
$$(15,99-15,98)^2+33(16,68-15,98)^2+34(15,98-15,39)^2)$$
$$= \frac{1}{5}\ (34.1,57^2+35.1,41^2+34.0,31^2+38.0,01^2+33.0,70^2+34.0,59^2)$$
$$= \frac{1}{5} \cdot 184,667 = 36,933$$

Summe der Quadrate zwischen den Gruppen = 184,667

Freiheitsgrad = 5

Durchschnittsquadrat = 36,933

Streuung	Freiheitsgrad	Summe der Quadrate	Durchschnittsquadrat
Zwischen den Gruppen	5	184,667	36,933
Innerhalb der Gruppen	202	2 582,660	12,785
Insgesamt	207	2 767,327	

$F = \frac{DQ \text{ zwischen den Gruppen}}{DQ \text{ innerhalb der Gruppen}} = \frac{36,933}{12,785} = 2,888$

F bei $n_1 = 5$, $n_2 = 202$ bei $p_{0,05} = 2,214$

$p_{0,01} = 3,017$

$p_{0,001} = 4,103$

Aus diesem Ergebnis ist der Schluss zu ziehen, dass die untersuchten Kiefernprovenienzen nicht mit Sicherheit signifikante Unterschiede im Markstrahlanteil aufweisen. Lediglich bleibt nach t-Test zu prüfen, ob vielleicht die nordische Kiefer sich nachweisbar unterscheidet:

Nordschweden / Mittelschweden

$$s^2 = \frac{1}{67} (301{,}64 + 679{,}16) = 14{,}64$$

$$t = \frac{\bar{x}' - \bar{x}''}{s} \cdot \sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2}{N_1 + N_2}} = \frac{17{,}39 - 14{,}41}{\sqrt{14{,}61}} \cdot \sqrt{\frac{34 \cdot 35}{69}}$$

$$t = \frac{2{,}98}{3{,}826} \cdot 4{,}151 = 3{,}233$$

$t_{0,05} = 1{,}996$

$t_{0,01} = 2{,}652$

$t_{0,001} = 3{,}443$

Ergebnis: Die nordschwedische Kiefer hat einen geringeren Markstrahlanteil als die mittelschwedische Kiefer.

Nordschweden / Niedersachsen

$$s^2 = \frac{1}{65} (301{,}64 + 405{,}76) = 10{,}883 \quad s = 3{,}30$$

$$t = \frac{16{,}68 - 14{,}41}{3{,}3} \sqrt{\frac{34 \cdot 33}{67}} = 2{,}765$$

$t_{0,05} = 1{,}997$

$t_{0,01} = 2{,}654$

$t_{0,001} = 3{,}448$

Ergebnis: Es erscheint knapp gesichert, dass die nordschwedische Provenienz einen geringeren Markstrahlanteil aufweist als die niedersächsische Kiefer.

Zwischen allen anderen Standorten bestehen nach den vorliegenden Untersuchungen keine signifikanten Unterschiede.

Lediglich im Vergleich zwischen Nordschweden und Mittelschweden bezw. Niedersachsen liess sich mit einer Sicherheit zwischen $p = 0{,}01$ und $p = 0{,}001$ nachweisen, dass die nordschwedische Kiefer einen geringeren Flächenanteil der Markstrahlen (Parenchym + Markstrahltracheiden) aufweist.

4. Druckfestigkeitsuntersuchungen

Mittelwerte und Vertrauensbereiche

Nordschweden (A)

$\bar{x}_{m\ 95} = 483{,}8 \pm 2{,}0324 \cdot \frac{53{,}26}{5{,}916} = 483{,}8 \pm 18{,}3$ (kg/cm²)

$\bar{x}_{m\ 99} = \text{"} \pm 2{,}7992 \cdot \text{"} = 483{,}8 \pm 24{,}6$ "

$\bar{x}_{m\ 99{,}9} = \text{"} \pm 3{,}6028 \cdot \text{"} = 483{,}8 \pm 32{,}4$ "

Mittelschweden (St)

$\bar{x}_{m\ 95} = 557{,}4 \pm 2{,}0324 \cdot \frac{76{,}02}{5{,}916} = 557{,}4 \pm 26{,}1$ (kg/cm²)

$\bar{x}_{m\ 99} = \text{"} \pm 2{,}7292 \cdot \text{"} = 557{,}4 \pm 35{,}1$ "

$\bar{x}_{m\ 99{,}9} = \text{"} \pm 3{,}6028 \cdot \text{"} = 557{,}4 \pm 46{,}3$ "

Südschweden (V)

$\bar{x}_{m\ 95} = 581{,}0 \pm 2{,}0324 \cdot \frac{55{,}7}{5{,}916} = 581{,}0 \pm 19{,}1$ (kg/cm²)

$\bar{x}_{m\ 99} = \text{"} \pm 2{,}7292 \cdot \text{"} = 581{,}0 \pm 25{,}7$ "

$\bar{x}_{m\ 99{,}9} = \text{"} \pm 3{,}6028 \cdot \text{"} = 581{,}0 \pm 35{,}8$ "

Schleswig-Holstein (S)

$\bar{x}_{m\ 95} = 521{,}3 \pm 2{,}028 \cdot \frac{54{,}11}{6{,}082} = 521{,}3 \pm 18{,}1$ (kg/cm²)

$\bar{x}_{m\ 99} = \text{"} \pm 2{,}728 \cdot \text{"} = 521{,}3 \pm 24{,}3$ "

$\bar{x}_{m\ 99{,}9} = \text{"} \pm 3{,}584 \cdot \text{"} = 521{,}3 \pm 31{,}9$ "

Niedersachsen (N)

$\bar{x}_{m\ 95} = 513{,}5 \pm 2{,}0324 \cdot \frac{58{,}11}{5{,}916} = 513{,}5 \pm 20{,}0$ (kg/cm²)

$\bar{x}_{m\ 99} = \text{"} \pm 2{,}7292 \cdot \text{"} = 513{,}5 \pm 26{,}8$ "

$\bar{x}_{m\ 99{,}9} = \text{"} \pm 3{,}6028 \cdot \text{"} = 513{,}5 \pm 35{,}4$ "

Hessen (H)

$\bar{x}_{m\ 95} = 578,5 \pm 2,0324 \cdot \frac{62,53}{5,916} = 578,5 \pm 21,5$ (kg/cm^2)

$\bar{x}_{m\ 99} =$ " $\pm 2,7292 \cdot$ " $= 578,5 \pm 28,8$ "

$\bar{x}_{m\ 99,9} =$ " $\pm 3,6028 \cdot$ " $= 578,5 \pm 38,1$ "

Im folgenden wird die Prüfung auf signifikante Unterschiede durchgeführt:

Standort	Probenzahl	Freiheitsgrad	Summe x	Summe x^2	Streuung s^2	Summe der Quadrate
Nordschwed. A	35	34	16.932,5 $\bar{x}$ = 483,8	8.288.400,00	2.836,96	96.456,50
Mittelschwed. St	35	34	19.510,0 $\bar{x}$ = 557,4	11.071.400,00	5.780,18	196.526,00
Südschwed. V	35	34	20.335,0 $\bar{x}$ = 581,0	11.920.100,00	3.101,91	105.465,00
Schlesw.Holstein S	37	36	19.287,5 $\bar{x}$ = 521,3	10.160.000,00	2.928,51	105.426,25
Niedersachsen N	35	34	17.972,5 $\bar{x}$ = 513,5	9.333.700,00	3.377,38	114.831,25
Hessen H	35	34	20.247,5 $\bar{x}$ = 578,5	11.846.100,00	3.909,45	132.921,25
Total	212	206	114.285,0 $\bar{\bar{x}}$ = 539,1	62.619.700,00	-.-	751.626,25

$\bar{\bar{x}} = 539,1$ kg/cm^2. Streuung innerhalb sämtlicher 6 Gruppen

$$\frac{751,626,25}{206} = 3\,648,67$$

Streuung zwischen den Durchschnitten

$= \frac{1}{5}$ (35(539,1-483,8)^2+35(557,4-539,1)^2+35(581,0-539,1)^2+37 (539,1-521,3)^2+35(539,1-513,5)^2+35(578,5-539,1)^2)

$= \frac{1}{5}$ (35 . 55,3^2+35 . 18,3^2+35 . 41,9^2+37 . 17,8^2+35 . 25,6^2 +35 . 39,4^2)

$= \frac{1}{5}$ (35.3058,09+35.334,9+35.1756,0+37.316,8+35.655,4+35.1552)

$= \frac{1}{5}$ (107.033,15+11.721,5+61.460,0+11.721,6+22.939,0+54.320,0)

$= \frac{1}{5}$ 269.195,25 = 53.839,05

Summe der Quadrate zwischen den Gruppen = 269.195,25
Freiheitsgrad " " " = 5
Durchschnittsquadrat " " " = 53.839,05

Streuung	Freiheitsgrad	Summe der Quadrate	Durchschnitts-Quadrat
Zwischen den Gruppen	5	269.195,25	53.839,05
Innerhalb der Gruppen	206	751.626,25	3.648,67
Insgesamt	211	1 020.821,50	

$F = \frac{DQ\ zw.d.Gr.}{DQ\ inn.d.Gr.} = \frac{53.839,05}{3.648,67} = 14,7$

bei $n_1 = 5$ $n_2 = 206$ $F_{0,05} = 2,214$ $F_{0,01} = 3,017$ $F_{0,001} = 4,103$

Der gefundene F-Wert liegt weit ausserhalb des F-Wertes $F_{0,001}$, sodass darauf geschlossen werden kann, dass sich mindestens zwei der Durchschnitte signifikant unterscheiden.

I. Nordschweden A $\bar{x}_A = 483,8$ $N_A = 35$ $s = \sqrt{3.648,67} = 60,4$

1) Gegenüber Mittelschweden $\bar{x}_{st} = 557,4$ $N_{st} = 35$ $t = \frac{\bar{x}' - \bar{x}''}{s\sqrt{2}} \cdot \sqrt{N}$, wenn $N_1 = N_2$ ist

$t = \frac{73,6\ \sqrt{35}}{60,4\ \sqrt{2}} = \frac{73,6 \cdot 5,915}{60,4 \cdot 1,416} = 73,6 \cdot 0,0691 = 5,086$

bei n = 260 $t_{0,05} = 1,970$ $t_{0,01} = 2,596$ $t_{0,001} = 3,330$

Ergebnis: Gesichert höhere Druckfestigkeit der mittelschwedischen Kiefer

2) Gegenüber Südschweden $\bar{x}_V = 581{,}0$ $N_V = 35$
$t = 97{,}2 \cdot 0{,}0691 = 6{,}717$
Gesichert höhere Druckfestigkeit der südschwedischen Kiefer

3) Gegenüber Schleswig-Holstein $\bar{x}_S = 521{,}3$ $N_S = 37$
$t = \frac{37{,}5}{60{,}4} \cdot \sqrt{\frac{1295}{72}} = \frac{37{,}5}{60{,}4} \cdot \sqrt{17{,}99} = \frac{37{,}5 \cdot 4{,}24}{60{,}4} = 2{,}632$
liegt über $t_{0,01}$ Die Druckfestigkeit kann gegenüber Nordschweden als gesichert höher angesehen werden.

4) Gegenüber Niedersachsen $\bar{x}_N = 513{,}5$ $N_N = 35$
$t = 29{,}7 \cdot 0{,}0691 = 2{,}0523$
liegt nur zwischen $t_{0,05}$ und $t_{0,01}$ Die Versuche konnten keinen gesicherten Unterschied nachweisen.

5) Gegenüber Hessen $\bar{x}_H = 578{,}5$ $N_H = 35$
$t = 94{,}7 \cdot 0{,}0691 = 6{,}544$
gesichert höhere Druckfestigkeit hessischer Kiefer

II. Mittelschweden

1) Gemäss I. 1) gesichert höhere Druckfestigkeit als nordschwedische Kiefer

2) Gegenüber Südschweden $\bar{x}_V = 581{,}0$ $N_V = 35$
$t = 23{,}6 \cdot 0{,}0691 = 1{,}6308$ Kein gesicherter Unterschied

3) Gegenüber Schleswig-Holstein $\bar{x}_S = 521{,}3$ $N_S = 37$
$t = 36{,}1 \cdot \frac{4{,}24}{60{,}4} = 2{,}534$
Kein gesicherter Unterschied, tendiert dahin, dass die Stockholmkiefer eine höhere Druckfestigkeit aufweist.

4) Gegenüber Niedersachsen $\bar{x}_N = 513{,}5$ $N_N = 35$
$t = 43{,}9 \cdot 0{,}0691 = 3{,}0335$, höher als $t_{0,01}$ Das Ergebnis strebt nach gesichertem Unterschied, sodass angenommen werden kann, dass die mittelschwedische Kiefer druckfester ist als die niedersächsische.

5) Gegenüber Hessen $\bar{x}_H = 578{,}5$ $N_H = 35$
$t = 21{,}1 \cdot 0{,}0691 = 1{,}458$. Kein gesicherter Unterschied.

III. Südschweden $\bar{x}_V = 581,0$ $N_V = 35$

1) Gemäss I 2) gesichert höhere Druckfestigkeit gegenüber nordschwedischer Kiefer
II 2) keine gesichert geringere Druckfestigkeit gegenüber mittelschwedischer Kiefer

2) Gegenüber Schleswig-Holstein $\bar{x}_S = 521,3$ $N_S = 37$
$t = 59,7 \cdot \frac{4,24}{60,4} = 59,7 \cdot 0,0702 = 4,191$
gesichert höhere Druckfestigkeit

3) Gegenüber Niedersachsen $\bar{x}_N = 513,5$ $N_N = 35$
$t = 67,5 \cdot 0,0691 = 4,664$
gesichert höhere Druckfestigkeit

4) Gegenüber Hessen $\bar{x}_H = 578,5$ $N_H = 35$
$t = 2,5 \cdot 0,0691 = 0,1728$
nicht gesichert

IV. Schleswig - Holstein $\bar{x}_S = 521,3$ $N_S = 37$

1) Gemäss I 3) gesichert anzunehmen, dass die Druckfestigkeit höher ist als bei nordschwedischer Kiefer
II 3) fast gesichert anzunehmen, dass die Druckfestigkeit geringer ist als bei mittelschwedischer Kiefer
III 2) gesichert geringere Druckfestigkeit als bei südschwedischer Kiefer.

2) Gegenüber Niedersachsen $\bar{x}_N = 513,5$ $N_N = 35$
$t = 7,8 \cdot 0,0702 = 0,548$
nicht gesichert

3) Gegenüber Hessen $\bar{x}_H = 578,5$ $N_H = 35$
$t = 57,2 \cdot 0,0702 = 4,015$
gesichert geringere Druckfestigkeit

V. Niedersachsen $\bar{x}_N = 513{,}5$ $N_N = 35$

1) Gemäss I 4) nicht gesicherter Unterschied gegenüber nordschwedischer Kiefer
II 4) knapp gesichert niedrigere Druckfestigkeit gegenüber mittelschwedischer Kiefer
III 3) gesichert geringere Druckfestigkeit als südschwedische Kiefer
IV 2) kein gesicherter Unterschied gegenüber Schleswig - Holstein

2) Gegenüber Hessen $\bar{x}_H = 578{,}5$ $N_H = 35$
$t = 65{,}0$ $o{,}0691 = 4{,}491$
gesichert geringere Druckfestigkeit

VI. Hessen $\bar{x}_H = 578{,}5$ $N_H = 35$

Gemäss I 5) gesichert grössere Druckfestigkeit gegenüber Nordschweden
II 5) kein gesicherter Unterschied gegenüber Mittelschweden
III 4) kein gesicherter Unterschied gegenüber Südschweden
IV 3) gesichert grössere Druckfestigkeit gegenüber Schleswig - Holstein
V 2) gesichert grössere Druckfestigkeit gegenüber Niedersachsen

Schrifttum

1. Aandstad,S. 1934 : Untersuchungen über das Dickenwachstum der Kiefer in Solör Nyt Magasin f. Naturvidenskapene 74, Oslo

2. Aandstad, S. 1938 : Die Jahrringbreiten der Kiefer und die Zeitbestimmung älterer Gebäude in Solör im östlichen Norwegen Nyt Magas.f.Naturvidenskapene 78,Oslo

3. Arnell, A. 1916 : Fenologiska iakttagelser vid Härnosund Arkiv f. botanik, 14, 1916

4. Bailey, J.W. 1913 : The preservative treatment of wood Forestry Quarterley,Bd. 11 S. 5-20, 1913

5. Bailey, J.W. 1915 : The effect of structure of wood upon its permeability. The tracheids of coniferous timbers Amer.Roy.Engin.Ass.Proc.Bd.16, 1915

6. Bailey, J.W. 1916 : The structure of the bordered pits of conifers and its bearing upon the tension hypothesis of the ascent of saps in plants Bot.Gezette Bd. 62, 1916

7. Bavendamm,W. 1944 : Fortschritte der Holzschutzforschung Kriegsgem.Ausg.Forstw. Cbl.u.Thar. Forstl. Jahrb., H.1, S. 47 - 49

8. Bavendamm, W.1957 : Die Schutzmittelaufnahme von Bauholz bei Anwendung handwerklicher Verfahren - Holzschutz im Bauwesen, Verlag Wilh.Ernst & Sohn,Berlin, S. 1 - 9

9. Bavendamm, W. u. W. Ehlers 1954 : Praxisnahe Untersuchungen durch Streichen und Spritzen H.a.R.u.W. Bd. 12, S. 183/85

10. Bavendamm, W. u. H. Anczykowski 1956 : Praxisnahe Untersuchungen über die Imprägnierung von Bauholz durch Kurztauchen und Trogtränkung H.a.R.u.W. Bd. 14, S. 218/22

11. Bavendamm, W. u. Sczesny 1957 : Praxisnahe Untersuchungen über die Imprägnierung von Bauholz durch die Heiss-Kalt-Trogtränkung H.a.R.u.W. Bd. 15, S. 381/84

12. Bavendamm, W. u. H. Willeitner 1957 : Praxisnahe Untersuchungen über die Imprägnierung von Bauholz durch Bohrlochtränkung H.a.R.u.W. Bd. 15, S. 411/16

13. Bavendamm, W.u. U. Siuts 1958 : Praxisnahe Untersuchungen über die Imprägnierung von Bauholz durch Bohrlochdrucktränkung H.a.R. u.W. Bd. 16, S.430/35

14. Bavendamm, W.u. W. Schneider 1959 : Praxisnahe Untersuchungen über die Imprägnierung von Bauholz durch Streichen und Trogtränkung mit Bifluoriden H.a.R. u. W.Bd. 17, S.284/91

15. Becker, G. u. K. Starfinger 1956 : Der Einfluss von Holzeigenschaften und Holzart auf die Flüssigkeitsaufnahme beim Kurztauchen von Kiefern- und Fichtenholz Holz a.R. u. W. Bd. 14, 1-8

16. Bellmann H. u. H.Francke-Grosmann 1952 : Versuche zur Tränkfähigkeit verblauten Kiefernsplintholzes H.a.R. u. W. 10, S. 456 - 463

17. Bellmann, H. 1953 : Über den Einfluss der Tüpfelkapillaren und Micellarinterstizien auf die Mechanik von Imprägniervorgängen mit Lösungen Diss.Math. - nat.Fak.Univ. Hamburg

18. Bellmann, H. 1954 : Die Imprägnierung von Kiefernholz mit Steinkohlenteeröl. 1.Mitt.: Die Tränkreife des Kiefernholzes Die Holzschwelle, Bd.12,H.15,S.1 - 9

19. Bellmann, H. 1956 : Praktische Erfahrungen und wissenschaftl. Erkenntnisse der Teerölimprägnierung von Leitungsmasten Schriftenreihe der Österr.Ges.f. Holzforschung, H. 6

20. Bellmann, H. 1956 : Über Vorkommen, Entstehung und Tränkfähigkeit der Kernumwandlungszonen im Kiefernholz Elektrizitätswirtschaft Bd.55 S.327-332

21. Böhmerle, K. 1907 : Die Dürreperiode 1904 und unsere Versuchsbestände Centralbl. f.ges.Forstw. 33

22. Broese van Groenou, H. 1940 : Die Teeröltränkung von Buchenholz und die Faktoren, welche darauf Einfluss haben Int.Auskunftst.f.Holzkonservierung, Haag, 1940

23. Broese van Groenou, H.u.H.Bellmann 1954 : Kesseldruckimprägnierung von kiefernen Holzmasten Elektrizitätswirtschaft 1954,Bd.54, H.24, S. 791 - 798

24. Bravais u. Martius 1841 : Memoires conronnés par l'Académie royale T.XV. Bruxelles 1841 (entnommen bei Schott, P.K. 1904)

25. Bünning, E. 1939 : Lehrbuch der Pflanzenphysiologie 2. Die Physiologie des Wachstums und der Bewegungen Berlin 1939

26. Büsgen, N. u. E. Münch, 1927 : Bau und Leben unserer Waldbäume Jena 1927

27. Burger, H. 1926 : Untersuchungen über das Höhenwachstum verschiedener Holzarten Mitt.d.schweiz.Vers.Anst.f.d.forstl. Versuchswesen Bd. 14, 1926

28. Burger, H. 1931 : Einfluss der Herkunft des Samens auf die Eigenschaften forstlicher Holzgewächse III. Die Föhre Mitt.d.schweiz.Centralanst. f.d. forstl.Versuchswesen 16, 1931

29. Buro, A. u. E.-A. Buro, 1959 : Untersuchungen über die Durchlässigkeit von Kiefernholz Holz a.R. u. W. Bd. 17, H. 12

30. Cajander, A.K. 1921: Einige Reflexionen über die Entstehung der Arten, insbesondere innerhalb der Gruppe der Holzgewächse Acta forestalia Fennica 21

31. Cieslar, A. 1890 : Die Zuchtwahl in der deutschen Forstwirtschaft Forstwirtsch.Zbl.ges.Forstw.16, S. 448 - 453

32. Cieslar, A. 1895 : Über die Erblichkeit des Zuwachsvermögens bei den Waldbäumen Cbl.f.das ges.Forstwesen 21, 1895

33. Cieslar, A. 1899 : Neues aus dem Gebiete der forstlichen Zuchtwahl Cbl.ges.Forstwesen, 25, H.2, S 49-74, 99 - 117

34. Cieslar, A. 1907 : Einige Beziehungen zwischen Holzzuwachs und Witterung Centralbl.f.d.ges.Forstwesen.33, S. 233 - 246, 289 - 311

35. Dalitz,V.Ch.1953 : Z.f.wiss.Mikr.Bd. 61 1953 (S. 292) (entnommen bei Jayme,G.u.G.Hunger 1954)

36. De Geer,E.H.1936 : Jahrringe und Jahrestemperatur Geografiska Annaler 18

37. Demann, W. 1959 : Tränkung nordischer Kiefernmasten mit Steinkohlenteeröl
Mitteilungen der Deutschen Ges. für Holzforschung H. 46, S. 65-70

38. Dengler, A. 1908 : Das Wachstum von Kiefern aus einheimischem und nordischem Saatgut in der Oberförsterei Eberswalde
Zeitschr.f.Forst- u.Jagdwesen 40,1908

39. Dengler, A. 1932 : Künstliche Bestäubungsversuche an Kiefer
Zeitschr.f.Forst- u.Jagdwesen 64,9

40. Dengler, A. 1938 : Fremde Kiefernherkünfte in 2.Generation
Z.f.Forst- u.Jagdw.,H. 3, 150-162 (7o)

41. Duhamel du Monceau, 1780 : Traité de la conversation et de la force. Paris 1780
(entnommen aus Schott, P.K. 1904)

42. Echols, R.M. 1958 : Variation in Tracheid length and Wood Density in Geographic Races of Scotch Pine.
Bull.Yale Univ.Sch.For.New Haven,Nr.64

43. Eicke, R. 1954 : Beitrag zur Frage des Hoftüpfelbaues bei den Koniferen
Ber.Deut.Bot.Ges. Bd. 67

44. Eide, E. 1926 : Om sommervarmens innflydelse på årringbredden Medd.fra det norske Skogforsøksveseb H. 7

45. Eklund, B. 1952 : Studier över årsringsvariationerna å Malingsbo fasta provyta Nr. 1
Svenska Skogsvårdsföreningens Tydskr.40

46. Eklund, B. 1944 : Ett försök att numerisk fastställa klimatets inflytande på tallens och granens radietillväxt vid de båda finska riksskogstaxeringarna
Norrlands skogsvårdsförbunds Tidskrift 1944

47. Eklund, B. 1949 : Skogsforskninginstitutets årsringsmätningsmaskiner
Medd.f.Statens Skogsforskningsinst.38

48. Eneroth, O.1926/27 : Studier över risken vid användning av tallfrö av främmande proveniens
Medd.f.Stat.Skogsförs.anstalt 23,1926 /27

49. Eneroth, O. 1928 : Ytterligare bidrag till frågan om tallfröets proveniens
Skogsvårdsfören.Tidskrift 26,1928

50. Eneroth, O. 1930 : Till frågan om sambandet mellan en orts värmeklimat och härdigheten hos dess tallvegetation
Norrlands skogsvårdsförb.tidskr.1930

51. Engler, A. 1905 : Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstl. Holzgewächse
Mitt.d.schweiz.Central-Anst. f.d. forstl. Versuchswesen, 8, 1905

52. Engler A., 1913 : Einfluss der Provenienz auf die Eigenschaften der forstl. Holzgewächse
Mitt.d.schweiz. Central-Anst. f.d. forstl. Versuchswesen 10, 1913

53. Enquist, F. 1929 : Studier över samtidiga växlingar i klimat och växtlighet
Svensk geogr. Arsbok 1929

54. Erickson, H.D.1938 : The flow of liquid through radial resin chanals
Journ. Forestry 36, S. 417-423

55. Erlandson, S. 1936 : Dendro-chronological studies
Deta fr.Stockholm Högskolas Geokronol. Inst., 23

56. Erteld, W. 1950 Die Entwicklung einiger Kiefernprovenienzversuche im Lande Brandenburg
Der Züchter, 20, S. 91-99

57. Fisher, R.A. 1956 : Statistische Methoden für die Wissenschaft
12.Aufl. London 1956

58. Frey-Wyssling, K.Mühlethaler u. R.W.G.Wyckhoff 1949 : Mikrofibrillenbau der pflanzlichen Zellwände
Experientia Bd. 4

59. Frey-Wyssling, A.u. H.H.Bosshard 1953 : Über den Feinbau der Schliesshäute in Hoftüpfeln
Holz a.R. u. W. Bd. 11

60. Frey-Wyssling, A., K.Mühlethaler u. H.H.Bosshard 1955 : Das Elektronenmikroskop im Dienste der Bestimmung von Pinusarten
Holz a. R. u. W. Bd. 13

61. " " 1956 : Nachtrag zu: Das Elektronenmikroskop im Dienste der Bestimmung von Pinusarten
Holz a. R. u. W. Bd. 14

62. Friedrich,J. 1897 : Über den Einfluss der Witterung auf den Baumzuwachs
Mitt.forstl.Versuchsw.Österreichs, H. 12

63. Friedrichs,H. 1954 : Die Tränkbarkeit des Fichtenholzes mit Steinkohlenteeröl nach der Infizierung mit Trichoderma viride Pers. unter besonderer Berücksichtigung der Festigkeitseigenschaften des befallenen Holzes
Unveröff.Dipl.Arb. Math.-nat.Fak. Univ. Hamburg, 1954

64. Gams, H. 1931 : Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen
Zeitschr.d.Ges.f.Erdkunde,Berlin, 66

65. Garner, W.W. u. H.A. Allard 1920 : Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants
Journal of Agricultural Research,18,11

66. Gassner, G. u. F. Christiansen-Weniger 1942 : Dendroklimatologische Untersuchungen über die Jahrringentwicklung der Kiefern in Anatolien.
Nova Acta Leopoldina, Bd.12,Nr. 80

67. Griffin,G.J. 1919 : Bordered pits in Douglas fir, a study of the position of the torus in mountain and Lawland speteimens in relation to creosote penetration
Journal of Forestry,Bd.17,S. 813-822

68. Griffin, G.J.1924 : Further notes on the position of the tori in bordered pits in relation to penetration of preservatives
Journ. of Forestry,Bd.22,1924 S.82-83

69. Gustavsson, A.1954 : Mutations, viability and population structure
Acta Agric.Scandinaviae III S.602-631

70. Hagem, O. 1931 : Forsøk med vestamerikanske Traeslag
Medd.f.Vestlandets forstl.Forsøkst. Nr. 12

71. Handbuch der Mikroskopie 1951 : Die Mikroskopie in der Holzverarbeitungstechnik, Bd. 5

72. Harada, H. u. Y.Miyasaki 1952 : The electron-microscopie of the cell wall of conifer tracheids
Journ.of the Japanese Forestry Soc. Bd. 34 (engl.Zusammenfassung)

73. Harada, H. 1953 : Electron-microscopic investigation on the wartlike (particle) structure of conifer tracheids
Journ.of the Japanese Forestry Soc. Bd. 35

74. Harder, H. 1953 : Der Holzmast im Freileitungsbau I. Hamburg, 2. Aufl.

75. Hartig, Th. 1853 : Über die Entwicklung des Jahresrings der Holzpflanzen
Bot. Ztg. 11, 1853

76. Hartmann-Dick, U. 1954 : Untersuchungen über die Durchlässigkeit des Holzes bei Druckfiltration
I. Durchlässigkeit f. Wasser
Forstw. Zentralbl. Bd. 73

77. Hawley, L.F. 1931 : Wood - Liquid relations
US.Dep. of Agric.Techn.Bull.Nr. 248

78. Hempel, H. 1931 : Vergleichende Untersuchungen von hochnordischer mit deutscher Kiefer
Diss.TH Braunschweig 1931 Mitt. d. Fachaussch.f. Holzfragen H.4, 24.5

79. Hesselmann, H.1904 : Über den Höhenzuwachs und die Sprossbildung der Kiefer in den Jahren 1900 - 1903
Skogsvårds Föreningens tidskrift 1904

80. Hesselmann, H.1904 : Om tallens höjdtillväxt och skottbildning somrarna 1900 - 1903
Medd. från Stat. Skogsförs.Anst. 1

81. Hesselmann, H.1904 : Om tallens diametertillväxt under de sistatio åren
Skogsvårdsför. tidskr. 1904

82. Hesselmann, H.1932 : Die Humidität des Klimas Schwedens und ihre Einwirkung auf Boden, Vegetation und Wald
Medd. f. Stat. Skogsförs.Anst. 26

83. Holmsgaard, E.1955 : Jahrringanalysen an dänischen Waldbäumen
Det forstlige Forsøgsvaesen in Danmark, 22, H. 1

84. Huber, B. u. G. Prütz 1938 : Über den Anteil von Fsern, Gefässen und Parenchym am Aufbau verschiedener Hölzer
Holz a. R.u.W. 1, S. 377-381, 1938

85. Huber, B. 1941 : Aufbau einer mitteldeutschen Jahrringchronologie
Mitt. Akad.dtsch. Forstwiss. 1,110

86. Huber, B. 1943 : Über die Sicherheit jahrringchronologischer Datierung
Holz a. R. u. W., 6, 1943

87. Huber, B. 1948 : Die Jahresringe der Bäume als Hilfsmittel der Klimatologie u.Chronologie
Naturwiss. 35, 151

88. Huber, B. 1951 : Mikroskopische Untersuchung von Hölzern in Freund,H: Handbuch der Mikroskopie in der Technik Bd.V,Teil 1

89. Hustich,J. 1947 : Climatic fluctuations and vegetation growth in northern Finland during 1890 - 1939

90. Jayme, G. u. G. Hunger 1955 : Die Oberfläche ungebleichter Fichtensulfat- und Sulfitzellstoffe im elektronenmikroskopischen Bild
Holz a. R. u. W. Bd. 13, 4.6.

91. Johansson,D. 1940 : Über Früh- und Spätholz in schwedischer Fichte und Kiefer und über ihren Einfluss auf die Eigenschaften von Sulfit- und Sulfatzellstoff
Holz a. R. u. W. 3, S. 73, 1940

92. Kalela, A. 1937 : Zur Synthese der experimentellen Untersuchungen über Klimarassen der Holzarten
Communicationes Instituti Forestates Fenniae 26, 1 - 434

93. Kendall, M.G. 1955 : The advanced Theory of Statistics, Bd. 2,3. Aufl. London 1955

94. Keylwerth, R. 1955 : Statistische Qualitätskontrolle
Holz a.R. u. W. 13,H 7, 1955

95. Kiellander,C.L.1953: Om Kontinentgranen,Härdighet,rasförädling och fröförsörjning
Medd.f.Fören för växtförädling av skogsträd Nr. 56

96. Kienitz, M. 1911 : Formen und Abarten der gemeinen Kiefer
Zeitschr.f. Forst- u.Jagdwesen 43,S.4

97. Kienitz, M. 1922 : Ergebnis der Versuchspflanzungen von Kiefern nordischer Herkunft in der Oberförsterei Chorin
Zeitschr.f.Forst- u.Jagdwesen 54,1922

98. Klietsch, A. 1960 : Der Nimbus des nordischen Holzes
Allg.Forstzeitschr.Bd.15, S. 341-342

99. Klitzing, v. 1914 : Zur Frage der Erblichkeit von Wuchsfehlern bei der Kiefer
Zeitschr.f.Forst u. Jagdwesen, 44

100. Knepple, H.J. 1956 : Einfluss der Jahrringbreite auf die Eindringtiefe von Holzschutzmitteln bei Fichten- und Kiefernholz
Unveröff.Dipl.Arbeit der Mathemat. - Naturwiss.Fak. der Univ. Hamburg

101. Knuchel, H. u. W.Brückmann 1930 : Holzzuwachs und Witterung
Forstw.Centralbl. 52, S. 380-403

102. Knuchel, H. 1933 : Über Zuwachsschwankungen
Schweizer.Zeitschr.f.Forstwesen, 84 S. 261,369

103. Koehler, A. 1939 : Heridity versus environment in improving wood in forest trees
J. of. Forestry, 37, S. 683

104. Koljo, B. 1951 : Über die Mechanik der Flüssigkeitsbewegung bei der Holzimprägnierung
Diss. Hamburg 1951

105. Koljo, B. 1953 : Die Abhängigkeit der Tränkmittelaufnahme des Holzes von verschiedenen Faktoren unter Berücksichtigung von Kiefer und Fichte
Holz a. R. u. W. Bd. 11

106. Kollmann, F. 1951 : Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Bd. 1,2. Aufl. Berlin

107. Kollmann, F., E. Schmidt, R. Teichgräber u. E. Baur 1959 : Vergleichende Untersuchungen an deutschem und schwedischem Kiefernholz für Masten
Holz a. R. u. W., Bd. 17, H. 12

108. Kolmodin, G. 1923 : Tillväxtundersökninger inorra Dalarna
Svenska Skogsvardsföreningens Tidskrift 21

109. Kolmodin, G. 1935 : Väderlekens inflytande på tallens diametertillväxt
Svenska Skogsvärdsförem Tidskrift 33

110. Krapfenbauer,A.1959: Klimaänderung als Ursache der Verschiebung der Grenzen der natürlichen Waldzonen
Allg.Forstzeitg.,Wien,Bd.70,H. 15/16

111. Laitakari, E. 1920 : Untersuchungen über die Einwirkung der Witterungsverhältnisse auf das Längen- und Dickenwachstum der Kiefer
Acta forest fennica, 17, 1920

112. Langlet, O. 1934 : Om variationen hos tallen och dess samband med klimatet
Svenska Skogsvårdsf.tidskr. 32

113. Langlet, O. 1935 : Über den Zusammenhang zwischen Temperatur und Verbreitungsgrenzen von Pflanzen
Medd. f. Stat.skogsf.Anst. 28

114. Langlet, O. 1936 : Studier över tallens fysiologiska variabilität och dess samband med Klimatet. Ett bidrag till Kännedomen om tallens ekotyper
Medd.f.Stat.Skogsförsöksanst.29, 219-470

115. Langlet, O. 1938 : Proveniensförsök med dika träslag. Översikt och diskussion av hittills erhållna resultat
Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift 36, 55 - 278

116. Langner, W. 1952 : Waldbau und Forstpflanzenzüchtung
Allg.Forstzeitschrift 7, 109 - 112

117. Liese, J. 1928 : Über die mechanischen Eigenschaften des Archangelskholzes
Zeitschr.f.Forst- u.Jagdwesen 60,S.43

118. Liese, W. 1951 : Über den Einfluss physikalischer Eigenschaften öliger Holzschutzmittel auf die Eindringung in Holz
Bitumen, Teere, Asphalte und verwandte Stoffe, Bd. 2, S. 276 - 279

119. Liese, W. 1951 : Über die Bedeutung der Holzstruktur für das Eindringen öliger Holzschutzmittel
Diss. Hann.Münden 1951, 69 S.

120. Liese, W. u. M.Fahnenbrock 1952 : Elektronenmikroskopische Untersuchungen über den Bau der Hoftüpfel
Holz a. R. u. W. Bd. 10

121. Liese, W. u. M. Hartmann/ Fahnenbrock 1953 : Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die Hoftüpfel der Nadelhölzer
Biochim.et Biophys.Acta Bd. 11

122. Liese, W.u. J.Johann 1954 : Elektronenmikroskopische Beobachtungen über eine besondere Feinstruktur der verholzten Zellwand bei einigen Koniferen
Planta, Bd. 44

123. Liese, W. 1956 : Die Feinstruktur des Holzes und ihr Einfluss auf die Imprägnierung
Die Holzindustrie, H. 8. 1956,Berlin

124. Liese, W. 1956 : Zur systematischen Bedeutung der submikroskopischen Warzenstruktur bei der Gattung Pinus L.
Holz a. R. u. W. Bd.14, S. 417 - 424

125. Liese, W. u. K.H.Meyer-Uhlenried 1957 : Zur quantitativen Bestimmung der verschiedenen Zellarten im Holz
Zeitschr.f.wiss.Mikroskopie u.mikrosk. Technik, Bd. 63, H. 5

126. Linder, A. 1951 : Statistische Methoden, 2.Aufl.,Basel

127. Lommatzsch,H. 1939 : Unterschiede zwischen Fichtenholz verschiedener Herkunft
Beih.Bot.Centralbl., 60, S. 97-134

128. Lundegardh, H.1949 : Klima und Boden
Jena, 3. Auflage 1949

129. Mac Lean,J.D. 1926 : Effect to temperature and viscosity of wood preserving oils on penetration and absorption
Americ.Wood Pres.Ass.Proc.22,S.147-167

130. Mac Lean,J.D. 1928 : Relation of treating variables to the penetration and absorption of preservatives into wood
Am. Wood Pres.Ass.Proc. Bd. 24

131. Mac Lean,J.D. 1930 : Preservative treatment of Engelman spruce ties
Am. Wood.Pres. Ass. Proc. Bd. 26

132. Mac Lean,J.D. 1935 : Manuel on preservative treatment of wood by pressure
Miscellaneous Publication Nr.224, US Dep. Agric. Washington, 1935

133. Mahlke - Troschel 1950 : Handbuch der Holzkonservierung, Berlin, 3. Aufl. 1950

134. Malmström, C. 1949 : Studier över skogstyper och trädslagsfordeling inom Västerbottens Län
Medd.f.Stat. Skogsforskn.Inst.37,1949

135. Mayer-Wegelin,H. 1950 : Der Härtetaster
Allg.Forst- u.Jagdz.,122,H.1,S. 12-23

136. Mayr, H. 1900 : Naturwissenschaftliche und forstliche Studien im nordwestlichen Russland
Allg. Forst- u.Jagdz., März 1900

137. Melechow,J.S. 1932 : Ogis RSFSR, Nordverlag Archangelsk (entnommen bei (205))

138. Meyer, J. 1939 : Über die Kronenabwölbung und Zuwachsschwankungen der Kiefer in Nordostdeutschland
Zeitschr. f.Forst- u.Jagdw. 71, H.8

139. Mork, E. 1941 : Über den Zusammenhang zwischen Temperatur und Wachstum. Untersuchung der täglichen Variationen des Höhenzuwachses bei Fichte
Medd.fra det Norske Skogsforsokswesen 8, 1 (Nr. 27)

140. Moschkov,B.S. 1935 : Photoperiodismus und Frosthärte ausdauernder Gewächse
Planta 23

141. Müller-Stoll,W.R. 1947 : Photometrische Holzstrukturuntersuchungen
Planta, Berlin, 35, S. 397

142. Müller-Stoll,W.R. 1949 : Photometrische Holzstrukturuntersuchungen
Forstwiss.Centralbl. 68, 21

143. Müller-Stoll,H.1951: Vergleichende Untersuchungen über die Abhängigkeit der Jahrringfolge von Holzart, Standort und Klima
Bibliotheca botanica,H.122 Stuttgart

144. Münch, E. 1919 : Naturwissenschaftliche Grundlagen der Kiefernholznutzung
Arb.a.d.biol. Reichsanst.f.Land- und Forstw. Bd. 10

145. Münch, E. 1923 : Anbauversuch mit Douglasfichten verschiedener Herkunft und anderen Holzarten
Mitt. d. deutsch.dendrol.Ges. 1923

146. Münch, E. 1924 : Verhalten der Nachkommen fremder Kiefernrassen in 2. Generation
Forstwiss.Centralbl. 46

147. Münch, E. 1932 : Über Standortsrassen der Waldbäume
Beih.Bot.Centr.bl.,Ergänzungsbd. 49

148. Münch, E. 1949 : Vergleichende Anbauversuche mit inländischen Kiefernrassen
Beitr.z.Forstpflanzenzüchtung, 90-97, München

149. Nägeli, C. 1865 : Über den Einfluss äusserer Verhältnisse auf die Varietätenbildung im Pflanzenreiche
Sitzungsber.Königl.Beyer.Akad.wiss. Mathem.Phys.Cl.München (entnommen bei Langlet, O. 1936)

150. Nägeli, W. 1931 : Einfluss des Samens auf die Eigenschaften forstl.Holzgewächse, IV. Die Fichte
Mitt.d.schweizer.Centralanst.f.forstl. Versuchswesen, 18

151. Nakaskima,H. 1924 : Über den Einfluss metereologischer Faktoren auf den Baumzuwachs I. Über den Einfluss auf den Stammumfang eines Tannenbaumes
Journ.Coll.Agric.Hokkaido Imp.Univ. 12, S. 69 - 263

152. Narayanamurti, D.u. A. Purushotham : Studies in Permeability I. A preleminary note on the permeability of wood and other materials to air
Indian Fors. Bull. Nr. 120

153. Neger, F. 1913 : Die nordische oder Lapplandkiefer
Thar. Forstl. Jahrb. 64

154. Neger, F. 1914 : Die nordische oder Lapplandkiefer
Thar. Forstl. Jahrb. 65

155. Oelkers, J. 1929 : Vererbung, Samenherkunft, Züchtung
Forstarchiv 1929, S.433-440, 457-462, 478-483

156. Örtenblad,Th. 1899 : Ärftlighet och urval, tillämpade på skogsträd och skogshushållning
Tidskr. f. skogshushållning, 27,1899

157. Omeis, E. 1895 : Untersuchungen des Wachstumsganges und der Holzbeschaffenheit eines 110jährigen Kiefernbestandes
Forstl.Naturw.Zeitschr. 4, S. 137

158. Ording, A. 1941 : Årringanalyser på gran och furu
Medd.fra det Norske Skogsforsøksvesen H. 25

159. Pechmann,H.v. 1958 : Die Auswirkung der Wuchsgeschwindigkeit auf die Holzstruktur und die Holzeigenschaften einiger Baumarten
Schweizer.Zeitschr.f.Forstwesen Nr.11, 1958, S. 615-647

160. Peter, O. 1953 : Prüfung der Sublimateindringung bei der Holzimprägnierung mit Röntgenstrahlen und künstlich-radioaktivem Quecksilber
Holz a.R. u. W. Bd. 11 1953

161. Peters, F. 1950 : Die Holzkonservierung mit Steinkohlenteeröl
Ffm, 2. Aufl., 28 S.

162. Philiptschenko,J. 1927 : Variabilität und Variation
Berlin 1927

163. Phillips,E.W.J.1933: Movement of the pit membrance in coniferous woods with special reference to preservative treatment
Forestry, Bd. 7, S. 109-120

164. Pokorny, A. 1867 : Über den Dickenzuwachs und das Alter der Bäume
Schrift.ver.Verbreitung naturwiss. Kenntnisse, Wien, Jg. 1865/66

165. Recker, K. 1949 : Über Gewebsmessungen,insbesondere Bestimmungen der Gewebsrelationen mit dem Integrationstisch
Frankfurter Zeitschr.f.Pathologie, 61, 137-148

166. Reichel, E. 1928 : Der Trockenheitsindex, insbesondere für Deutschland
Tätigkeitsber.d.Preuss.Meteorol.Inst.

167. Rensch, B. 1929 : Das Princip geographischer Rassenkreise und das Problem der Artbildung
Berlin 1929

168. Rohmeder, E. 1954 : Erreichtes und Erreichbares in der forstlichen Resistenzzüchtung
Allg.Forstz.9, Nr. 48, S. 529-536

169. Rohmeder, E. 1947 : Die Röntgenfotografie im Dienst der forstlichen Saatgutbeurteilung
Allgem.Forstzeitschr. Bd.12, H. 8/9

170. Rohmeder, E. 1959 : Beispiele für die Überlegenheit fremder Provenienzen über die einheimische Standortsrasse bei den Baumarten Pinus silvestris und Picea abies
Allgem. Forstzeitschr.Bd.14, H. 43

171. Rohmeder, E. u. H.Schönbach,1959 : Genetik und Züchtung der Waldbäume
Hamburg-Berlin 1959

172. Romell, L.-G.1925 : Växttidsundersökningar å tall och gran
Medd. fran Stat.Skogsförs.Anst. 22

173. Rossmässler, 1956 : Die Kiefer in Hessen
Allg.Forstzeitschr.1956, Nr. 33/34

174. Rubner, K. 1925 : Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues
2. Aufl. Neudamm 1925

175. Rubner, K. 1953 : Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues
4. Aufl. Neumann, Radebeul 1953

176. Rubner, K. 1956 : Zum Baumrassenproblem in Mitteleuropa
Schweizer.Zeitschr.f.Forstwesen,Bd.107
H. 4. S. 217-224

177. Rubner., K.1960 : Welche Kiefernrassen sollen wir nun anbauen?
Holz-Zentralbl.1960,Nr.37, S.565-568

178. Russow, E. 1883 : Zur Kenntnis des Holzes, in Besonderheit des Kiefernholzes
Bot.Centr.bl.13,1883,S.29,60,95, 134, 166

179. Sandermann, W.u. G.-Z. Jonas 1952 : Über die Imprägnierung von Hölzern mit öligen Schutzmitteln, unter besonderer Berücksichtigung der Fichte
Holz a.R.u.W. Bd. 10, S. 305-311

180. Scarth, G.W. 1928 : The structure of wood and its penetrability
Pap.Trad.Journ. Bd. 86

181. Schmidt, E. 1941 : Mikrophotographischer Atlas der mitteleurop. Hölzer
J. Neumann, Neudamm

182. Schmidt, W. 1929 : Universalrassen,Landrassen, Standortrassen, Individualrassen
Der Deutsche Forstwirt, 11

183. Schmidt, W. 1930 : Unsere Kenntnis vom Forstsaatgut
Berlin

184. Schmidt, W. 1930 : Forstliche Fortpflanzenzüchtung
Der Züchter, 2, 1930

185. Schmidt, W. 1936 : Neue Wege der Rassenforschung und Kiefernanerkennung
Jahresber.Deutscher Forstverein 1936

186. Schmidt, W. 1956 : Kreuzungsversuche zur Erzielung von Kiefernhybriden
Forschung und Beratung,Forstwirtschaft, H. 2 Düsseldorf 1956

187. Schott, P.K.1904 : Pinus sylv.L. Die gemeine Kiefer.Beiträge zur Systematik und Provenienzfrage mit besonderer Berücksichtigung des in Deutschland in den Handel kommenden Samens
Forstwiss. Centralbl. 26

188. Schott, P.K.1934 : Rassen der gemeinen Kiefer
Der Deutsche Forstwirt, 16, 1934

189. Schubert, J. 1931 : Niederschlag und Kiefernwachstum
Zeitschr.f.Forst- u.Jagdwesen 63,
S. 638-642

190. Schütt, P. 1958 : Züchtung mit Kiefern. Teil I. Individualunterschiede und Provenienzversuche
Mitt.Bundesf.Anst.f.Forst-u.Holzw.
Reinbek Nr. 40

191. Schütt, P. 1959 : Veränderung der Holzeigenschaften durch Züchtung - dargestellt an Untersuchungsergebnissen mit Kiefernarten
Allg.Forstzeitschr. Bd. 14, H. 4

192. Schulz, G. 1957 : Versuche zur Frage der natürlichen Pilzfestigkeit von nordischem und deutschem Kiefernsplint- und kernholz
Holz a. R. u. W.,Bd. 15, H. 10

193. Schulze,B. u. G. Theden, 1942 : Über das Eindringvermögen von Holzschutzmitteln und dessen Prüfung
Wiss.Abh.d.Dtsch.Mat.Prüf.Anst.II/3,
S. 67-78

194. Schulze,B. u. G. Theden, 1942 : Das Eindringen aufgestrichener Holzschutzmittel in Kiefernsplintholz
Holz a.R.u.W. 5, S. 239-247

195. Schulze,B. u. G. Theden, 1943 : Beobachtungen über das Eindringvermögen von Holzschutzmitteln beim Spritzen und Tauchen
Holz a.R.u.W. Bd. 6, S. 17-18

196. Schulze,B. u. G. Theden, 1950 : Das Eindringen von Holzschutzmitteln
Holzforschung,Bd. 4,H.3/4 S. 3 - 31

197. Schultze - Dewitz,G. 1958 : Einfluss der soziologischen Stellung auf den Jahrringbau sowie auf die Holzelemente bei Kiefern, Spirken und Lärchen eines Naturwaldes
Holz-Zentralblatt 1958, Nr. 65

198. Schultze-Dewitz,G. 1960 : Wie wirkt sich der Einfluss der Stellung eines Baumes im Bestand auf seine Holzstruktur aus?
Holzforschung,Holzverwertung,Bd.12,H.2
S. 30 - 33

199. Schwarz, F. 1899 : Physiologische Untersuchungen über Dickenwachstum und Holzqualität v. Pinus silv.
Berlin 1899

200. Schwappach,A. 1896 : Forstliche Studienreise nach Schottld.
Zeitschr.f.Forst- u.Jagdwesen 1896,
S. 791

201. Schwappach, A.1897 : Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume I. Die Kiefer
Berlin 1897

202. Silvén, N. 1916 : Den nordsvenska tallen
Medd.f.Stat.Skogsf.-Anst. 13-14

203. Silvén, N. 1937 : The influence of climatic conditions on type somposition
Imp.Bureau Plant.Gen.Herbage Bull.21

204. Simes, F.E. 1938 : On the structural and physical properties of Finnish pine wood,especially the phenomenon of shrinking and swelling affected by changing the moisture content of wood
Helsinki 1938

205. Skripen, J. u. T. Riasova 1958 : Bau und Raumgewicht der gemeinen Kiefer in der Slowakei
Drevarsky Vyskum,Bd.3, H. 1 Bratislava

206. Sokoloff,P.J. 1928 : Zur Frage über graphische Rassen der Pinus silv.
Bull.Jard.Bot.Princ. USSR, 27
(deutsche Zusammenfassung)

207. Spahlinger, D. 1957: Zur Frage der erblichen Feinästigkeit der Kiefer
Der Forst- u.Holzwirt Bd.12,H.14 1957

208. Stamm, A.J. 1946 : Passage of Liquids,vapors and dissolved materials through softwoods
US.Dep.Agric.Techn.Bull.Nr.929,1946

209. Strohmeyer,H. 1926 : Die Rassenfrage bei der Kiefer unter besonderer Berücksichtigung der nordischen Formen
Actes du Ier Congres International de Sylviculture,Rom Vol.IV, S. 214-218

210. Teesdale, C.H. 1914: Relative resistance of various conifers to injection with creosote
US.Dep. Agric. Bull. Nr. 101

211. Teesdale, C.H. u. J.D.Mac Lean 1918 : Test of the absorption and penetration of coal-tar and creosote in longleaf pine
US Dep.Agric.Bull.Nr. 607, 1918

212. Theden, G. u. M. Gersonde 1955 : Streichen und Sprühen von Holzschutzmitteln - Versuche zur besseren Beurteilung der Verfahren
Holz-Zentralbl. 81, S. 332 - 333

213. Thunell, B. 1955 : Gütebestimmung von Bauholz
Holz a. R.u.W. Bd. 13, H. 3

214. Tirén, 1942 : Skogsträdens frösättning under år 1927 - 1942
Stat.skogsförs.Anst.Flygblad Nr. 37, 39-48, 50-54

215. Tolsky, A. 1915 : Über den Einfluss der Witterung auf den Höhenzuwachs der Kiefer
Ref.Centralbl.f.d.ges.Forstw. 42, S. 157-158

216. Trendelenburg,R. 1936 : Aufbau und Eigenschaften des Fichtenholzes und anderer Zellstoffhölzer

217. Trendelenburg,R. 1939 : Das Holz als Rohstoff,
1. Aufl. München/Berlin 1939

218. Trendelenburg,R. u. Mayer-Wegelin 1955 : Das Holz als Rohstoff
2. Aufl. München 1955

219. Turesson, G. 1922 : The genotypical response of the plants species to the habitat
Hereditas 3, 211 - 350

220. Turesson, G. 1930 : The selective effect of climate
Hereditas 14, 1930

221. Vanselow, K. 1933 : Wuchsformen der Kiefer in Deutschland
Allg.Forst- u.Jagdzeitg.Bd.109,S. 349 - 365, 389 - 412

222. Vanselow, K. 1934 : Wuchsformen der Kiefer in Deutschland
Allg.Forst- u.Jagdzeitg.Bd. 110, S. 1-7, 49-56, 81-89, 247-264

223. Vanselow, K. 1936 : Wuchsformen der Kiefer in Deutschland
Allg.Forst- u.Jagdzeitg.Bd,112,S.33-54

224. Vanselow, K. 1942 : Einführung in die forstliche Zuwachs- und Ertragslehre
2. Aufl. Ffm, 1942

225. Vilmorin de, Rh.A. 1862 : Exposé historique et descriptif de l'Ecole forestière de Barres
Memoires Soc.Imper.d'agric. 1862

226. Vintala, E. 1939 : Untersuchungen über Raumgewicht und Schwindmaß von Früh- und Spätholz bei Nadelhölzern
Holz a. R. u. W. 2, S. 345

227. Wahlberg,H.E. 1922 : Chemische Untersuchungen von schwedischer Kiefer und Fichte
Zellstoff u.Papier,1922,S.129,155,202

228. Wallén, A. 1917 : Om temperaturens och nederbördens inverkan pa tallens och granens höjd- och diametertillväxt å Stamnäs Kronopark 1890 - 1914
Skogshögskolans festkrift 1917
Stockholm

229. Wandt, R. 1937 : entnommen bei Trendelenburg, R. u. H. Mayer-Wegelin 1955 (205)

230. Weck, J. 1944 : Beitrag zur Frage: Zuwachsleistung und Witterung
Forstwiss.Centralbl. 66, S. 60-64

231. Weck, J. 1948 : Untersuchungen zur Korrelation zwischen Niederschlagsverhältnissen und Baumzuwachs
Zeitschr.f.Weltforstwirtschaft, 12

232. Weck, J. 1948 : Forstliche Zuwachs- und Ertragskunde
Radebeul/Berlin, 1948

233. Weck, J. 1948 : Waldgefügetypen
Allg. Forstz. 3, 85 - 89

234. Weiss, H.F. 1912 : Structure of commercial woods in relation to the injection of preservatives
Am. Wood Pres. Ass.Proc. Bd. 8

235. West-Europ.Inst.f. Holzimprägnierung 1955 : Über die Lebensdauer von hölzernen Leitungsmasten
Den Haag 1955

236. Wettstein,W.v. 1936: Die bisherigen Ergebnisse der Zuchtwahl bei Waldbäumen
Jahrb.Dt.Forstverein 1936,S.423-433

237. Wettstein-Westerheim, W. 1959 : Trockenperioden und Baumwachstum
Allg.Forstzeitung, 70, 15/16

238. Wibeck, E. 1919 : Om tall- och gran frö från Norrland
Skogen, 6, 1919

239. Wibeck, E. 1929 : Till frågan om sambrandet mellan en orts värmeklimat och härdigheten hos dess tallvegetation
Norrlands skogsvårds.f.tidskr.1929

240. Wibeck, E. 1931 : Än en gång om systemen för beräkning av svenska tallprovenienssers relativa härdighet
Norrlands skogsvårds f.tidskr. 1931

241. Wiedemann,E. 1930 : Die Versuche über den Einfluss der Herkunft des Kiefernsamens
Zeitschr.f.Forst- u.Jagdwesen, 62

242. Wiedemann, E. 1942: Die schlechtesten ostdeutschen Kiefernbestände
Berlin 1942, 120 S.

243. Wiedemann, E. 1948: Die Kiefer 1948. Waldbauliche und ertragskundliche Untersuchungen
Hannover 1948

244. Wiesner, J. 1907 : Der Lichtgenuss der Pflanzen
Wien 1907

245. Ylinen, A. 1942 : Über den Einfluss des Spätholzanteils und der Rohwichte auf die Festigkeits- und elastischen Eigenschaften des Nadelholzes
Acta forestalia fennica 50, Nr. 5 1942

246. Ylinen, A. 1951 : Über den Einfluss des Spätholzes und der Jahrringbreite auf die Rohwichte beim finnischen Kiefernholz
Holz a. R. u. W. Bd. 9, S. 449-456

247. Zederbauer, E. 1917: Beitrag zur Biologie der Waldbäume III. Die Verbreitung der Wälder
Centralbl. f. d. ges. Forstw. 1917

Lebenslauf

Am 2. Januar 1931 wurde ich als Sohn des Oberzollsekretärs August W. Friedrichs in Westeraccumersiel in Ostfriesland geboren. Nach Wechsel des Wohnortes für je 2 Jahre in Bremerhaven und Bentheim besuchte ich ab Ostern 1937 in Hann. Münden die Volksschule und das Gymnasium, wo ich im März 1950 das Abitur ablegte. Bis zum Sommer-Semester 1951 lernte ich als Praktikant verschiedene Sparten der holzbearbeitenden Industrie kennen und immatrikulierte anschließend an der Universität Hamburg als Studant der Holzwirtschaft. Mein Studium beendete ich nach acht Semestern im W.S. 1955 mit der Diplom-Hauptprüfung, Prädikat "gut". Die Diplomarbeit über die Tränkfähigkeit des Fichtenholzes mit Steinkohlenteeröl erhielt die gleiche Bewertung.
Im Juli 1955 trat ich in die Geschäftsstelle der Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Düsseldorf, einem Zusammenschluß der Forst- und Holzwirtschaft der Bundesrepublik, ein und bin dort als 2. Geschäftsführer tätig.

Die vorliegende Abhandlung und experimentelle Arbeit wurde auf Anregung von Herrn Prof. Dr. W. Bavendamm, Reinbek b. Hamburg und mit finanzieller Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt.

Düsseldorf, 9. Dezember 1960